إسحاق عظيموف

استكشاف الأرض والكون





المشروع القومي للترجمة

518

ترجمة: هاشم أحمد

اهـــــــداء 2004
الهـيئة العامة لشئون المطابع الأميرية
القاهرة

المشروع القومى للترجمة

استكشاف الأرض والكون

تطور المعرفة الإنسانية ومستقبلها

تأليف : إسحاق عظيموف
ترجمة وتعليق : هاشم أحمد محمد
مراجعة وتقديم : عبد الرحمن عبد الله الشيخ



٢٠٠٣

المشروع القومى للترجمة
إشراف : جابر عصفور

- العدد : ٥١٨
- استكشاف الأرض والكون
- إسحاق عظيموف
- هاشم أحمد محمد
- عبد الرحمن عبد الله الشيخ
- الطبعة الأولى ٢٠٠٣

هذه ترجمة كاملة لكتاب :

Exploring the Earth and the Cosmos

By

Isaac Asimov

شارع الجبلاية بالأوبرا - الجزيرة - القاهرة ت ٧٣٥٢٣٩٦ فاكس ٧٣٥٨٠٨٤

El Gabalaya St., Opera House, El Gezira, Cairo.

Tel. : 7352396 **Fax :** 7358084

تهدف إصدارات المشروع القومي للترجمة إلى تقديم مختلف الاتجاهات والمذاهب الفكرية للقارئ العربي وتعريفه بها ، والأفكار التى تتضمنها هى اجتهادات أصحابها فى ثقافاتهم ولا تعبر بالضرورة عن رأى المجلس الأعلى للثقافة .

المحتويات

مقدمة الترجمة العربية

هذا الكتاب - وأمثاله - من ألزم الكتب للمثقفين، وللمشتغلين فى كل التخصصات ، مع أنه غير متخصص فى موضوع أو مجال بعينه. إلا إنه يقدم لنا نتائج العلوم جميعا دون أن يخوض فى تفاصيل كيفية الوصول إلى هذه النتائج، ولو أنه فعل لأصبح كتابا متخصصا. لقد أدركت البشرية مع مطلع القرن العشرين أن التخصص - وإن كان أمراً لازما للرقى بالعلوم المختلفة - إلا أنه فى الوقت نفسه قد يؤدى إلى ضيق الأفق بل ويؤدى أحيانا إلى عرقلة التقدم فى موضوع التخصص نفسه بالحيلولة بينه وبين ما توصلت إليه العلوم الأخرى من نتائج. ومن هنا ظهرت علوم هى بمثابة جسور تربط بين أكثر من مجال أو تخصص ، فهناك علم الكيمياء الحيوية، وعلم النفس التربوى ، وعلم النفس الصناعى ، وأصبحت موضوعات مثل التاريخ الاقتصادى ، والفيزياء الحيوية ، وجغرافية الأمراض ، وجغرافية السكان ... مجال دراسة فى الجامعات والأكاديميات، بل وأصبحت هى ذاتها موضوع "تخصص".

ومع ظهور الحواسب الآلية وتطور استخداماتها ، بات المرء يخشى من ظهور طائفة من "التكنوقراط" المتخصصين فى الحواسب الآلية يوهمون الناس أنهم بحكم قدرتهم على التعامل مع هذه الأجهزة ومعرفة إمكاناتها هم الأقدر على هندسة اللغة وصياغة معادلات الكيمياء ، والتعامل مع قوانين الفيزياء ، بل وخزن الوثائق والمعلومات التاريخية ، بمدخلات input لا يعرفها إلا هم ، ونظم استدعاء معلومات تحقق توجهاتهم . وقد شهدت البشرية فى كل مرحلة انتقال تكنولوجية شيئا كهذا. وليس من سبيل لتحاشى هذا سوى أن يتعلم "المتخصصون" فى المجالات المختلفة كيفية التعامل مع هذه الأداة، بالإضافة - وهذا هو موضوع كتابنا - إلى الإلمام بما توصلت إليه العلوم المختلفة من نتائج ، فهذا يمنع الكهنوت العلمى - إن صح هذا التعبير - ويمنع انغلاق كل أصحاب تخصص على تخصصاتهم ، فالحقيقة - خاصة الحقيقة الإنسانية - لها أكثر من جانب ، وأكثر من بُعد ، ولها أيضا أكثر من استخدام.

يتعرض المؤلف فى الفصول الخمسة الأولى لتطور المعلوم الجغرافى لدى البشر من خلال استعراض الرحلات الكشفية الكبرى وتناول الموضوع من موقعه المكانى كأوروبى (المؤلف روسى تأمرك) فحدثنا عن فشل الطريق الشمالى الشرقى وهو يقصد محاولة الأوروبيين الوصول إلى آسيا بالاتجاه شمالا بشرق عبر المناطق الملامسة للدائرة القطبية الشمالية للاستعاضة بهذا الطريق عند اللزوم عن الطرق الأخرى المألوفة ، واكتشف الأوروبيون أيضا الطريق الشمالى الغربى للوصول إلى شمال كندا ، ويتعرض أيضا للجهود البرتغالية التى أدت لكشف الطريق إلى الهند بالدوران حول أفريقيا .. ويظل المؤلف ، على أية حال، يستعرض الكشوف التى قام بها أفراد أو جماعات حتى أصبحت المعمورة معروفة تماما لبنى البشر. لكننا نعيب عليه أنه عند تعرّضه للرحالة الذين أضافوا للعلم الجغرافى فى العصور الوسطى لم يشر إلا لبنيامين التطيلى، بينما الحقيقة أن الحضارة الإسلامية فى العصور الوسطى أنجبت رحّالة نابهين جابوا الآفاق وأضافوا للمعلوم الجغرافى شيئا كثيرا ، ولعل ابن بطوطة وابن فضلان وغيرهما كثير خير شاهد على ذلك.

ويخصص المؤلف الفصول من السادس إلى التاسع لجهود البشر فى معرفة ما تحت الغلاف الجوى من ظواهر وتطور معرفة الإنسان بها كالزلازل مثلا، ومعرفة الغلاف الجوى ذاته؛ فقد أصبح هذا الغلاف مجالا للاستثمار، ويعرض المؤلف التجارب الأولى لمحاولات الإنسان الطيران من خلال عرض تاريخى دون خوض كثير فى التفاصيل العلمية ، وتعرض المؤلف لموجات الراديو والإلكترونات لا كمهندس أو كفيزيائى وإنما كمؤرخ. لقد اتسع أفق الإنسان ليشمل الغلاف الجوى، بل وأصبح هذا الغلاف ميدانا لنشاطه بل ومسكنا يعيش فيه ولو لفترة محدودة.

أما الفصول من العاشر إلى الثانى عشر ، فيقدم لنا فيها عرضاً تتخلله المعلومات العلمية المبسطة عن جهود الإنسان ، بل ووجوده المباشر وغير المباشر فى الفضاء خارج الغلاف الجوى بل وخارج المجموعة الشمسية ، فقد أرسل الإنسان إلى الفضاء اللانهائى لوحًا من الألومنيوم مغطى بالذهب محفورا عليه رجل وامرأة بلا ثياب لأى منهما لتعريف المخلوقات الأخرى (غير البشرية) ، إن وجدت ، بالبشر.

وعلى هذا النحو يواصل المؤلف بقية آفاقه ، وليس القصد أن نشير إلى كل أفكاره فى هذه المقدمة فهى أكثر من أن تدخل تحت حصر.

ولا يفوتنى أن أشكر المجلس الأعلى للثقافة لاختياره هذا الكتاب المهم وإتاحته للقارئ العربى، وقد سعدت عندما أوكل إلىَّ مراجعته. وقد بذل أخى هاشم جهدا كبيرا فى ترجمة هذا الكتاب وكان متعاونا معى أثناء مراجعته، وأرجو منه مواصلة الترجمة فى هذا المجال المهم.

وعلى الله قصد السبيل

عبد الرحمن عبد الله الشيخ

مقدمة المترجم

وهب الله الإنسان العقل ، وجعله خليفة على أرضه ، وسخَّر له جميع المخلوقات ، وطلب منه السعى فى مناكب الأرض والتفكير فى خلق السماوات ليتبين كيف أنشأ الله السماوات بلا عمد وكيف قدَّر الأقوات فى الأرض ، هل من خالق غير الله عز وجل يستطيع أن يخلق شيئا تافها كالبعوضة ؟ سبحان الله جلت قدرته وعظم قدره؛ فقد علَّم الإنسان ما لم يعلم.

فى هذا الكتاب استعرض الكاتب إسحاق عظيموف بعضا مما استطاعت البشرية أن تحققه طوال مشوارها الطويل عبر الزمن، فقد تناول فى هذا الكتاب أربعة آفاق استطاعت البشرية الكشف عن كنهها من بين آفاق عديدة لا تزال البشرية تسعى فى الكشف عنها ، وهى إن دلت على شىء فإنما تظهر الطبيعة البشرية فى أروع صورها فى سعيها الدؤوب نحو اكتشاف المجهول.

فقد استطاع الجنس البشرى أن ينتشر فى كل رقعة من المعمورة تقريبًا ، واستطاع أن يطوِّر لغة يتفاهم بها مع أقرانه، وأن يخترع شيئا عظيمًا وهو الكتابة والطباعة اللتان مكَّنتاه من نقل فكره وخبراته إلى بنى جنسه سواء أكانوا من جيله أم جاءوا بعده.

ويمكننا أن نتبين أن الإنسان استطاع أن يتفوق على جميع المخلوقات، فقد استطاع أن يروِّض الحيوانات ويستدجنها، وأن يشق الترع والجسور ويصنع الفلك التى يجوب بها المحيطات ويصنع سفن الفضاء التى يستكشف بها الفضاء، ولم يكتف بذلك، بل أرسل سفنا فضائية تخبر المخلوقات الأخرى فى أرجاء هذا الكون المترامى الأطراف عن وجوده.

من خلال الآفاق التى استعرضها عظيموف سوف نرى مدى التقدم الذى استطاع أن ينجزه الإنسان ليكون بحق خليفة الله فى أرضه، وليشهد بأن الله قد خلق الكون بنظـام دقيـق لا يُرى فيه من تفاوت، تبارك الله جلَّت قدرته ، له الحمد وله الشكر على ما وهبنا من نعمة الحياة.

وعلى الله قصد السبيل

إهداء لذكرى

هربرت مكليمان (١٩١٣ - ١٩٨٠)

مقدمة المؤلف

اعتدنا هذه الأيام على المنظومة العريضة من المعرفة الإنسانية فى مائة اتجاه مختلف لدرجة أننا تناسينا كأفراد كم نحن مقيدون .

انسَ كل ما جاء قبلك، وانسَ كل ما هو متاح لك الآن ، وفكر فيما يمكن أن تكتسبه بمفردك من خبرة ، فلن يكون بالشيء الكثير!

ولكي تدرك "كل ما يمكن أن تراه عيناك "، هو أن تستكشف مسافة لا تزيد عن كيلومترين . سافر على قدميك في رحلة إلى مكان يبعد عنك عشرين كيلومتراً وسوف ترى كم هو عمل مضنٍ وشاق. وفى الواقع، فحتى عهد قريب ، كان الناس يقضون حياتهم كلها فى نطاق بضعة كيلومترات من المكان الذى ولدوا فيه ، وكل ما يعرفونه عن الأشياء الأخرى كان يأتيهم عن طريق كلام الناس .

وماذا أيضا؟ إلى أى ارتفاع تستطيع أن تتسلق جبلا ؟ وإلى أى عمق يمكنك أن تغوص فى البحر بنفسك ؟ بضعة أمتار سواء فوق الجبل أو تحت سطح بحيرة. ربما ترى الطيور وتحلم، لكن الحلم سيكون مُعلَّمك . وماذا عن الأجرام السماوية؟ إنها مثال لشيء لا تستطيع الوصول إليه. إذا "طلبت بيض النوق" ،(أو طلبت لبن العصفور كما نقول فى أحاديثنا) فيعنى أنك تطلب المستحيل ،مع أن القمر هو أقرب الأجرام السماوية للأرض.

ما الذى تستطيع أن تختزنه ذاكرتك ؟ تتذكر أجدادك، ربما، والحكايات التى كانوا يحكونها لك عن أحوال الدنيا عندما كانوا شبابا، وعن آبائهم؟ ربما لمدة مائة عام للوراء ، وبعدها يتلاشى كل شيء فى غياهب النسيان.

ما هو أكبر شيء يمكنك أن تجربه؟ جبل؟ وأصغر شيء؟ ذرة غبار تتماوج فى شعاع الشمس؟ وأحرُّ شيء؟ موقد نار؟ وأبرد شيء؟ صباح يوم شتاء قارص؟

أنت مقيد من كل اتجاه بقدراتك الشخصية ، والعالم يحاصرك بكل صغره.

والبشر لهم صفات خاصة لا يشاركهم فيها كائن حى آخر، فلدينا، نحن البشر، قدر كبير من الفضول وعبقرية هائلة نحسَد عليها، واستطعنا منذ مئات السنين أن نطور نظامًا معقدًا من الكلام، استطعنا من خلاله أن نُعبّر عن أفكار ومفاهيم مجردة وننقل أفكارنا ومفاهيمنا من جيل إلى جيل ، ويستطيع كل واحد منا ألا يستحوذ على أفكاره ومفاهيمه فقط وإنما على أفكار ومفاهيم الآخرين، ويستطيع المجتمع ككل أن يتداول المعلومات ويكتسب المعارف والخبرات التى تراكمت منذ بدء الخليقة.

واستطعنا بعد ذلك أن نطوّر نظامًا للكتابة وتسجيل المعرفة والخبرات، ويعنى هذا أن أفكارنا ومفاهيمنا وخبراتنا يمكن أن تنتقل عبر المكان والزمان إلى مجتمعات بعيدة جدا عنا وإلى أجيال لم تولد بعد.

فى النهاية،أصبحت ذخيرة المعلومات والأفكار منتشرة فى العالم وبشكل دائم، بحيث جاء الوقت الذى أصبح فى إمكان كل شخص أن يحصل على المعارف التى صنعها آخرون يعيشون فى زماننا أو جاءوا قبلنا.

تتولد المعرفة، فى البداية ببطء وبعد ذلك تنتشر بصورة انفجارية، وينتقل أفق الإنسان للخارج فى كل اتجاه. نحن الآن نستطيع أن نجوب العالم من قطبه الشمالى إلى قطبه الجنوبى، ونتسلق أعلى الجبال، ونسبر أعمق أغوار البحار، وتطأ أقدامنا سطح القمر، و نستطيع أن نرسل مركبات الفضاء إلى المريخ لتخبرنا بما تراه.

ونحن الآن نتلقى المعلومات وندرسها بسهولة تامة، من أكبر النجوم إلى أصغر الذرات، ونفكر فى مفاهيم مذهلة للعقل مثل الثقوب السوداء والكواركات، ونستكشف درجات حرارة تضارع أشد قلوب النجوم سخونة، وأعماق أكثر المناطق المعزولة فى الفضاء المعتم.

فى هذا الكتاب، سأحاول أن أوضح لك الخطوات التى تم بها كل شىء،لأقدم لك قصة رحلة الاستكشاف البطولية التى قطعها جنسنا البشرى، وورثناها نحن عنه – ونفكر فى الدور الواجب علينا أن نقوم به حتى يتواصل عطاء البشرية على مرّ العصور.

إسحاق عظيموف

الجزء الأول

آفاق المكان

الفصل الأول

نصف الكرة الشرقى

ما قبل التاريخ

بدأت الحياة على سطح الأرض منذ ثلاثة بلايين ونصف البليون سنة على أقل تقدير ، بعد ما لا يزيد عن بليون سنة (والبليون هو ما يساوى ألف مليون سنة) بعد بلوغ الكوكب شكله الحالى تقريبا. وعلى الرغم من أننا قد نشك فى أن الأرض ليست هى الكوكب الوحيد الذى توجد فوق سطحه حياة، إلا أننا لم نر حتى الآن أية أدلة على وجود حياة فى أى مكان آخر فى الكون، لذا يجب أن نقصر مناقشتنا على انتشار الحياة على كوكب الأرض وحده.

وحيث إننا سنتعامل مع البشر human beings فى المقام الأول مع استطرادات هادفة تخدم الموضوع ، فليس هناك الشىء الكثير الذى نقوله عن انتشار الحياة بصفة عامة؛ فالحياة نشأت فى البحر، وظلت الحياة فى البحر لمدة لا تقل عن سبعة أثمان عمرها الكلى على الأرض. وكانت المناطق البرية على الأرض قاحلة، ولا يوجد دليل يفسر ذلك.

ربما تكون قد حدثت فى النهاية بعض الطفرات الرئيسية key mutations (والطفرة هى تبدل فجائى فى الانتقال الوراثى لصفات نوع أو ضرب من الأحياء) فى الخلايا الحية جعلتها قادرة على حماية نفسها من الجفاف خارج البحار والبحيرات والأنهار. وربما تكون طبقة الأوزون [1] the ozone layer قد تكونت فى النهاية فى الغلاف الجوى الأعلى إلى الحد الذى أعاق نفاذ الكثير من أشعة الشمس فوق البنفسجية . وهذا يعنى أن الحياة البرية إذا ما تعرضت لأشعة الشمس المباشرة كانت

ستحتمى من التمزق الخطير للأطوال الموجبة النشطة جدا. وربما كان القمر ثابتا فى مكان، ومن ثم فقد تزايد تأثير المد والجزر بصورة مفاجئة، جعل الحياة تخرج شيئا فشيئا نحو الشاطئ، وأوجدت قوى الاختيار الطبيعى أنواعًا من الحياة استطاعت التكيف مع فترات الجفاف الدورية.

أيا كان السبب، فقد غزت الحياة سطح الأرض منذ ما يقرب من أربعمائة وخمسة وعشرين مليون سنة. وأعقب ذلك الغزو، انتشار الحياة التى غطت تقريباً كل بقعة يمكن تصورها على سطح الأرض، أما المناطق الجليدية القطبية، وقمم الجبال الشاهقة الارتفاع، والصحارى الجافة فكادت تنعدم الحياة فيها تقريبا.

ومن البدء حتى النهاية، تكونت الحياة من عشرات الملايين من الأنواع المختلفة، وبلغت درجة من التباين حتى أصبحت غير قادرة على استيلاد أنواع جديدة. ويوجد فى الوقت الحاضر حوالى مليونى نوع، أما الأنواع الأخرى فقد انقرضت.

وللأنواع المختلفة أصناف مختلفة، فالبعض منها واسع الانتشار ويغطى القارات والمحيطات، والبعض الآخر محدود الانتشار ويوجد فى بعض الجزر الصغيرة أو فى الأودية المنعزلة. وفى الإجمال، كلما كان الصنف أكثر انتشاراً ، كان النوع فى مأمن من التغيرات والكوارث المحلية ، وأكثر قدرة على البقاء – وهو أحد معايير نجاحه من وجهة النظر التطورية .

ومجموعة الأنواع Species التى تهمنا أكثر من غيرها لقربنا منها أو لاتصالها الشديد بنا ، هى الأنواع التى تنتمى إلى رتبة الرئيسيات (٢) Primates . واسم الرتبة ذاتها من كلمة لاتينية بمعنى " أول"، والسبب الرئيسى لاهتمامنا بهذه الرتبة هو أن الإنسان ينتمى إليها.

وعلى الإجمال، ليست رتبة الرئيسيات بالرتبة الناجحة بشكل ملفت (ما عدا الجنس البشرى فى كل الأحوال)، فربما نشأت أول الرئيسيات منذ حوالى خمسة وسبعين مليون سنة ، ويوجد منها حاليا حوالى ٢٠٠ نوع، ينحصر وجودها تقريبا (إن لم نحص الجنس البشرى) فى المناطق المدارية. والأهم من ذلك، لا يوجد نوع بذاته (إذا لم نأخذ مرة أخرى الإنسان فى الحسبان)، منتشر على نطاق كبير، وتنحصر بعض الأنواع فى مناطق من أمريكا الجنوبية، والبعض فى مناطق فى أفريقيا، والبعض الآخر فى مناطق جنوب شرق آسيا وهكذا.

وعلى الرغم من ذلك، سواء نجحت الرئيسيات أم لا، فقد اختصت بقدرة عقلية brainpower . ونظراً لضخامتها، كانت لها أمخاخ كبيرة مكتملة النمو تماماً. وبمرور الزمن كانت لا تزال أنواع جديدة من الرئيسيات تطور أمخاخا أكبر.

ومجموعة الأنواع فى رتبة الرئيسيات التى طورت مُخًّا على أعلى مستوى، هى الرئيسيات التى تنتمى إلى عائلة (البشريات) المخلوقات الشبيهة بالإنسان Hominidae. وقد نشير إلى أحد أفراد هذه العائلة بشبيه الإنسان، من كلمة لاتينية بمعنى "إنسان"حيث إن كلهم ، حتى أكثرهم بدائية كانوا أكثر شبهًا بالإنسان الحديث من القردة العليا الحديثة ، التى تعتبر من المخلوقات الشديدة القرابة للإنسان عن بقية الكائنات الحية.

وقد طوَّر أشباه الإنسان قامة معتدلة منذ ما لا يقل عن ١٤ مليون سنة (١٤,٠٠٠,٠٠٠ سنة)، وربما كان قد حدث هذا أولاً فى شرق أفريقيا East Africa ، غير أن أشباه الإنسان انتشروا بمرور الزمن فى جنوب أفريقيا وجنوب آسيا.

وعلى الرغم من مخهم الكبير ، فقلما كانت توجد أية فائدة ترجى من انتشار رتبة أشباه الإنسان. وكما كان يصدق على كل الأنواع الأخرى حتى ذلك الزمن، فقد جابه أشباه الإنسان الضغوط والسيطرة –ضغوط الآخرين (إما من نوعهم أو من الأنواع الأخرى التى شغلت المنطقة من قبل ونافستهم فى البقاء عليها بشكل مباشر) والسيطرة على المناطق الخالية نسبياً والغنية بالغذاء الموجودة وراء النطاق المشغول بالفعل .

ومثل الرئيسيات الأخرى، لم يبتعد أشباه الإنسان الأوائل خارج نطاق المناطق المدارية، لأنهم لم يكونوا مهيئين لتحمل الليالى الباردة وفصول شتاء المناطق المعتدلة (بين المنطقة الاستوائية والدائرتين القطبيتين الشمالية والجنوبية)، ولم يكن فى استطاعتهم توفير الغذاء الكافى طوال شهور الشتاء.

نشأ الإنسان منتصب القامة Homo erectus لأول مرة منذ حوالى مليون ونصف المليون سنة (١,٥٠٠,٠٠٠ سنة)، وكان له مخ متوسط الحجم بين أشباه الإنسان الأوائل والبشر الحاليين.

كان الإنسان المنتصب القامة أول من قام بمعظم أوجه التقدم فى تاريخ الإنسانية، لأنه كان أول من قام باستخدام واسع للنار، ذلك العمل الذى لم يقم به أحد من قبله من الأنواع الأخرى، ولا توجد أنواع أخرى(فيما عدا أشباه الإنسان الأكثر تقدمًا) قد أحسنت استخدام النار منذ ذلك الحين.

وقد مَكَّن استخدامُ النار الإنسانَ المنتصبَ القامة من أن يتوغل إلى جهة الشمال مسافة أبعد من المسافة التى توغلها أشباه الإنسان القديم - من غير ريب - إلى جهة بكين فى الصين، حيث وجدت حفريات ووجدت أيضا بقايا مواقد نيران، ومن المحتمل أن يكونوا قد اتجهوا نحو أوروبا.

وربما لمدة تصل ما يقرب من ٢٥٠,٠٠٠ سنة ، ظهر البشر hominids ذوو الأمخاخ الكبيرة، وهم من نوع الإنسان العاقل Homo sapiens ، ذلك هو النوع الذى ننتمى إليه. وقد جابوا أقصى شمال أوروبا على الرغم من المناخ الشديد البرودة الذى أوجده العصر الجليدى Ice Age .

ومن البداية تقريبا، فباستخدام الإنسان العاقل النار وجلود الحيوانات من أجل الدفء، وبتشذيبه فؤوسًا وسهامًا حجرية مدببة للدفاع والهجوم، فإنه يعتبر بذلك قد طور رتبة جديدة من الرئيسيات .

ولم تكن الجماعات الأولى من نوع الإنسان العاقل Homo Sapiens تشبه تمامًا البشر الحاليين ، وإنما كانت هناك ، على سبيل المثال، بعض الاختلافات فى شكل الجمجمة، ونحن نطلق عليهم مصطلح إنسان نياندرتال Neanderthal man . وللغاية ذاتها من وجوده، كان إنسان نياندرتال يعيش فى جزيرة العالم World land (وهى كتلة اليابسة المكونة من أوروبا وآسيا وأفريقيا).

بيد أنه منذ ٣٥,٠٠٠ سنة ، ظهر "الإنسان الحديث" modern man ، وهو نوع الإنسان العاقل الذى ننتمى إليه. وسرعانِ ما أصبح هذا النوع هو الوحيد الموجود من الفصيلة الإنسانية hominid . ومن المرجَّح أن الإنسان الحديث كان أكثر كفاءة فى الحرب ، فمحا من الوجود إنسان نياندرتال، على الرغم من وجود دلالة تبين أنهم قد تزاوجوا معهم أيضا.

وبعد ظهور الإنسان الحديث امتد نطاق الجنس البشرى فى النهاية خارج جزيرة العالم.

وعندما كانت تبلغ كل دورة من دورات العصور الجليدية ذروتها ، كان منسوب البحر ينخفض، بسبب المياه المرتبطة بالألواح الجليدية العملاقة التي غطت كندا وسيبيريا وإسكندنافيا، حتى أصبحت سيبيريا وألاسكا Alaska تتصلان بمعبر برى واسع، لم تكن أجزاء منه مغطاة بالجليد.

وفي تلك العهود ، تعقب صيادو سيبيريا الماموث، وهو الحيوان المنقرض القريب الشبه بالفيل، الذى تكيف مع الحياة القطبية. وفي مطاردتهم له وصلوا إلى أمريكا الشمالية North America ، التي لم يكن يوجد فيها أحد من الجنس البشرى حتى ذلك الحين ، أو بالفعل، من القردة . كان ذلك في زمن قبل سنة ٢٠,٠٠٠ ق.م . وبحلول سنة ١٦,٠٠٠ ق.م، وصل الإنسان إلى أمريكا الجنوبية South America . وبحلول سنة ٨٧٠٠ ق.م ، وصل إلى مضيق مجلان Strait of Magellan ، ثم عبره، ووصل إلى جزيرة تيرادل فويجو (Tierra del Fuego) ، وهى الجزيرة الواقعة في أقصى الجنوب الشرقى من المضيق. كانت تلك المنطقة البرية هى أقصى المناطق جنوباً التي شغلها البشر بشكل دائم قبل عصور الحضارة عن أية منطقة أخرى في العالم.

وحتى قبل ذلك، استغل الإنسان انخفاض منسوب مياه البحر لكي يواصل زحفه إلى غينيا الجديدة New Guinea (إيريان الغربية) وأستراليا.

ومنذ ذلك الحين، كان الجنس البشرى يشغل كل الأراضي الكبيرة المساحة التي لم يغطها الجليد.

كان الجنس البشرى أول نوع برى ينتشر فوق مساحات شاسعة من المعمورة . ومنذ ذلك الحين تكاثر الجنس البشرى حتى أصبح النوع الأكثر توالداً ، والذى لم يشهد العالم مثيلاً له من قبل . والأهم من ذلك، لم يوجد نوع بذاته من الكائنات الحية قد شكّل مثل هذه الجماعة الكبيرة من الأفراد طوال تاريخ العالم كله في أى زمن مضى .

أسفار البر القديمة

ومع أن الجنس البشرى قد انتشر فوق أرجاء المعمورة، واحتل كل قارات الأرض ما عدا الأنتاركتيكا(القارة القطبية الجنوبية) Antarctica قبل أن تبدأ الحضارة، فلم

تعرف أية جماعات بشرية مناطق برية أخرى من الأرض غير المناطق المجاورة لها بشكل مباشر من بلدانهم، وحقولهم.

وحتى عندما كانت التجارة تنقل عبر أصقاع بعيدة من اليابسة ، كانت البضائع تنتقل من يد ليد مرات عديدة، ولا يحتمل أن جازف تاجر بالرحيل بعيداً.

ومع ظهور المدنية بدأ الأفق يمتد نحو الخارج، وكان انتشاره آنذاك لسبب مؤسف حيث تعلم الجنس البشرى استخدام الأساليب العسكرية لبناء الإمبراطوريات. وبمجرد ظهور الإمبراطوريات، كانت لبعض الأفراد، على الأقل – الحكام والجنود والمحاربين – نظرة شاملة عن كل شيء .

كانت أكبر الإمبراطوريات القديمة تضاهى مساحة الولايات المتحدة الحديثة، فقد بلغت مساحة كل من الإمبراطورية الفارسية **Persian Empire** والإمبراطورية الرومانية **Roman Empire** حوالى سبعة ملايين ونصف مليون كيلومتر مربع(٣) ، على الرغم من أن الإمبراطورية الأولى كانت تضم سكاناً لا يزيد تعدادهم عن ١٥ مليون نسمة، وكان لا يزيد تعداد سكان الأخيرة عن ٤٠ مليون نسمة. كانت مساحة الإمبراطوريات القديمة فى الهند والصين صغيرة نوعا، لكنها كانت مأهولة بالسكان. وإمبراطورية يوان (الهان) الصينية **The Han Empire of china** التى ظهرت فى زمن الإمبراطورية الرومانية كان بها من السكان ما يزيد على الخمسين مليون نسمة.

كانت أكبر إمبراطوريات ما قبل عصر الصناعة هى إمبراطورية المغول، وقد سيطر قبلاى خان(٤) **Kublai Khan** فى عام ١٢٦٠ على أراضٍ تزيد مساحتها على ٢٨,٥ مليون كيلومتر مربع؛ وكانت مساحة مملكته أكبر من أية أراضى إمبراطورية مجاورة سابقة لها أو بعدها. حيث اتسع نطاقها من نهر الدانوب **Danube River** إلى المحيط الباسيفيكى **Pacific Ocean** ، وكانت تشكل ١/٥ المناطق اليابسة من العالم، وبلغ تعداد سكانها ١٢٠ مليون نسمة.

خلال كل هذا، كانت أوروبا الغربية لا تزال منطقة إقليمية بعض الشيء، فقد كان جزء كبير منها فى العصور القديمة تحت سيطرة الإمبراطورية الرومانية، وعرف رجال الغرب المتعلمون عالم البحر المتوسط على الأقل من خلال قراءاتهم، وكانت لديهم فكرة عن الشرق الأوسط مثل فكرتهم عن الهند.

بيد أنه بعد انهيار الإمبراطورية الرومانية فى القرن الخامس، أصبح سكان أوروبا الغربية غلاظ الطباع وبربريين ، وكان إدراكهم لما حولهم منحصراً فى حدود ضيقة من العالم الإسلامى المعادى من جهتَىْ الشرق والجنوب.

لم يكن أول أوروبى غربى يخترق الأراضى الإسلامية فى الشرق، ويكتب رواية عن أسفاره، أوروبياً مسيحياً بل يهودياً. فقد كان هو بنيامين التطيلى Benjamin of Tudela ، الذى ولد فى نفارى Navarre على الحدود الفرنسية الأسبانية فى أوائل القرن الثانى عشر. بين عام ١١٥٩ وعام ١١٧٣، اشترك فى رحلة إلى الشرق، بعضها من قبيل رغبته فى التجارة، وبعضها لزيارة مجتمعات اليهود العديدة. وقد قام بنفسه باختراق الحد الغربى من الصين . بيد أن روايته، لكونها من رجل يهودى، لم يكن لها تأثير كبير فى العالم المسيحى فى ذلك الوقت. واجهت أوروبا الغربية الغزاة المغول فى سنة ١٢٤٠، لكنها ظلت خارج نطاق الإمبراطورية المغولية، ذلك لأنه عند لحظة حاسمة مات خان المغول، وتراجعت الجيوش المغولية لانتخاب خان جديد. وقد ساعد وجود الإمبراطورية – التى كانت تحت حكم قوى واحد مساحات أراضٍ شاسعة – على سهولة السفر البرى ، على الأقل إلى الحد الذى شكل معه خطراً أقل من اللصوص الفوضويين، وقد استغل الغرب هذا.

وتحت رعاية البابا، بُعثت الإرساليات للشرق لتنصير المغول، وطلب المساعدة منهم لمحاربة الإسلام، وللحصول على تأكيد بعدم غزو الأراضى المسيحية. غادرت أول هذه الإرساليات فى ربيع سنة ١٢٤١، تحت قيادة (الأخ) الفرنسيسكانى جيوفانى دى بيانو كاربينى Giovanni de Piano Carpini ، الذى ولد فى عام ١١٨٠ . توسلت الإرسالية بكل السبل للوصول للعاصمة المغولية فى قره قورم Karkorum (التى تسمى حاليا بجمهورية منغوليا الشعبية)، وعادت إلى أوروبا بعد رحلة دامت لأكثر من سنتين.

لم يحصل كاربينى على أية وعود من المغول، لكنه ما إن عاد حتى بدأ يكتب رواية عن أسفاره، وكانت من الروايات المتسمة بالواقعية والدقة. وقد كانت أول فرصة للقراء الغربيين أن يقرأوا رواية معقولة عن آسيا الوسطى.

ومع ذلك، فقد تفوق عليه ويليام الروبروكى William of Rubruck ، وهو (أخ) فرنسيسكانى فرنسى، ولد حوالى سنة ١٢١٥ . كان ملك فرنسا لويس التاسع(٥) فى فلسطين يشارك فى الحملة الصليبية، وبعث بإرسالية تحت قيادة روبرك Rubruck

إلى المغول في السادس عشر من سبتمبر عام ١٢٥٣ . وباتباعه لنهج كاربيني، وبعد ثماني سنوات من الإرسالية الأولى، أنجز روبرك الشيء القليل، لكنه ألف رواية تعتبر أفضل مما كتبه كاربيني.

وبلغت الذروة مع وصول المستكشف الفينيسي ماركو بوللو [٦] Marco Pollo (١٢٥٤ – ١٣٢٤) ، فعندما كان في مرحلة الشباب رحل أبوه نيكولو وعمه مافيو إلى الشرق في بعثة تجارية. وقد أبحرا في عام ١٢٦٠ ، في الوقت الذي كانت فيه الإمبراطورية المغولية تحت قيادة قبلاي خان [٧] في قمة قوتها.

زار الرجلان البندقيان قبلاي خان في قصره الصيفي في شانجتو Shangtu (التي أصبحت تعرف في أوروبا باسم زانادو Xanadu) . ولاقوا منه معاملة حسنة ثم أعادهم إلى أوروبا.

عاد الإخوة بوللو إلى الصين وكان يرافقهم هذه المرة ماركو. وأعجب الخان بماركو، وأوكل إليه منصباً رفيعًا تحت قيادته، إذ عمل كدبلوماسي موثوق به. بيد أنه عندما تقدم الخان في العمر، شعر الإخوة بوللو بعدم الاطمئنان على أنفسهم في وجود خليفته ، وعندما كُلِّفوا في بعثة لحماية أميرة مغولية إلى فارس ، اغتنموا فرصة الهروب إلى وطنهم. ووصلوا أخيرا إلى البندقية مرة أخرى في عام ١٢٩٥ .

في عام ١٢٩٨، كانت البندقية في حالة حرب مع مدينة جنوة الإيطالية الساحلية المناوئة، وأُسر ماركو بوللو الذي كان يتولى قيادة أسطول بحري من البندقية . وبينما كان في السجن الجنوي، كتب قصة أسفاره. ولم يتعرض كثيراً للمسائل الشخصية مثلما تعرّض لوصف أجزاء من آسيا وأفريقيا التي تعرف عليها بصفة شخصية . وقد كان لكتابه شهرة واسعة، ومنذ ذلك التاريخ عرف الأوروبيون المتعلمون الكثير عن جزيرة العالم.

أسفار البحر القديمة

كان السفر بالبر حتى زمن ماركو بوللو ولقرابة خمسمائة سنة بعد ذلك – لهذا السبب – دائمًا صعبًا؛ فقد كان الحصان هو وسيلة الانتقال الأسرع ، وكانت هناك

الجداول التى يجب عبورها، والغابات التى يجب اجتيازها، والأراضى الوعرة التى يجب المرور بها، والسلاسل الجبلية التى يلزم تسلقها، والمؤن التى يجب حملها.

وبينما كانت تشكل المياه عائقا للإنسان القديم، أصبحت ممراً سريعًا بمجرد اختراع السفن. والمياه ، برغم كل شيء، كانت شبه مستوية عند صفاء الجو، وكان الطفو شكلاً أسهل من أشكال السير عن المشى، أو الجرى، أو حتى الركوب. وبدأت الحضارات القديمة على ضفاف أنهار ، مثل نهر النيل والفرات ونهر السند وهوانج هو. وفى كل حالة كان النهر وسيلة السفر، ووسيلة نقل التجارة. فقد كانت فى البداية هناك أرماث (جمع رمث) من مادة أخف من الماء، مثل البوص أو لحاء الأخشاب، أو جذوع الأشجار، أو الجلود المنتفخة. بعد ذلك، كان يجرى تحسين الأرماث حتى تصبح أكثر قدرة على المناورة، ثم جرى تجويفها لتأخذ شكل القوارب ، لاستخدامها فى نقل الأحمال الثقيلة ، حيث ساعد تجويف القوارب على طفو الأحمال الثقيلة.

وكان يمكن لهذه الأرماث والقوارب الانتقال بسهولة عند الإبحار فى اتجاه مصب النهر بسبب انسياب المياه نحو المصب، وكان يلزم التجديف أو دفعها بواسطة عمود عند الإبحار جهة منبع النهر مرة أخرى. وفى النهاية، تم استخدام الشراع للاستفادة من قوة الرياح بحيث يمكن للقارب أن يندفع بسهولة فى الأماكن التى كان فيها التيار بطيئا-أو حتى عند الإبحار ضد التيار. وقرابة سنة ٢٦٠٠ ق.م صنع المصريون قوارب خشبية شراعية تبحر نحو مصب النيل ومنبعه.

كانت الملاحة النهرية سهلة نسبيًا، حيث كان المرء دائمًا على مقربة من الشواطئ، وإذا ما صادفته مشكلة كان يمكنه استخدام الشراع أو التجديف أو حتى إذا دعت الحاجة أن يسبح نحو تلك الشواطئ. وكان الموقف مختلفا إذا ما غامر المرء بالإبحار فى بحر مفتوح متجاوزًا مصب النهر، على سبيل المثال، إلى البحر المتوسط.

وفى البحر المفتوح كان الإنسان من الممكن أن يكون بعيدا عن مرأى الشواطئ، ولا يجد الملاّح حوله سوى مساحات شاسعة من المياه تعانق الأفق من جميع الجهات وكان من الطبيعى أن ينتابه الخوف . كيف يتمكن من رؤية البر مرة أخرى؟ وفى أى اتجاه يبحر؟ وماذا يحدث لو اجتاحت العواصف قاربه وحطمته ولم يجد أرضًا ليصلح قاربه؟

ومع ذلك، فالحاجة إلى التجارة دفعت الناس إلى ركوب البحر، والمصريون، على سبيل المثال، احتاجوا إلى الأخشاب نظرا لعدم توفرها فى مصر، وكانت توجد بكميات كبيرة فى لبنان. فقد كان يمكن سحب الكتل الخشبية على طول الشاطئ من لبنان إلى مصر، غير أن هذه الطريقة كانت صعبة وشاقة. وكانت إمكانية حمل الأخشاب على متن سفينة والإبحار بها بواسطة الشراع أو التجديف إلى مصر من الأمور السهلة.

كان أول شعب ينشئ تجارة بحرية روتينية هم شعب مينون القدامى Minoan people فى جزيرة كريت سنة ٢٠٠٠ ق.م. ولما كانت كريت جزيرة ، فقد كانت تعتمد فى تجارتها على البحر ، غير أنه كانت هناك جزر أو أراض قارية فى كل الاتجاهات تقريبا ، وقد ساعد ذلك على تنشيط التجارة. وتعلم أهالى كريت الابتعاد عن اليابسة غير أن رحلاتهم لم تكن رحلات طويلة.

كان الفينيقيون [٨] Phoenicians هم أول ملاحين قاموا برحلات بحرية طويلة، وهم الشعب الذى نشأ على سواحل إسرائيل ولبنان الحاليتين. وهم الناس الذين جاء ذكرهم فى الكتاب المقدس بالكنعانيين Canaanites . و"فينيقيا" Phoenicia ، اسم يونانى من كلمة يونانية بمعنى "أرجوان" ، لأن صور Tyre ، مدينة الفينيقيين الرئيسية، كانت تشتهر بإنتاجها لصبغة أرجوانية اللون.

وربما كان الفينيقيون أول من اعتمد على النجوم كوسيلة ملاحية، إذ اكتشفوا أن كوكبة الدب الأكبر Big Dipper ، على سبيل المثال، تقع دائما جهة الشمال ، لذا كان المرء يجعلها على يمينه عند إبحاره جهة الغرب، وعلى شماله إن أبحر جهة الشرق.

وبحلول سنة ١٠٠٠ ق.م، كان الفينيقيون يبحرون غربىّ البحر المتوسط، وكانت ترد حكايات مشوشة عما وجدوه هناك ، ساعد على انتشارها كثرة تكرارها وبُعد المسافة، حيث كانت الأساس لفصول عجيبة من عجائب أوديسيوس [٩] Odysseus فى الأوديسا Odessey . (وبالمثل، كان لاكتشاف التجار اليونانيين القدامى البحر الأسود أن وضع الأساس لحكايات جاسون والمغامرين Jason and the Argonauts .)

وقرابة سنة ٨٠٠ ق.م، اكتشف الفينيقيون يوتيكا Utica وقرطاجة Carthage فى الأراضى المعروفة حاليا بتونس. وقرطاجة ، على وجه الخصوص ، أصبحت قوية واستعمرت شواطئ أقصى غرب البحر المتوسط بمناطقه الشمالية والجنوبية.

كان الفينيقيون أول شعوب البحر المتوسط التى غامرت بعبور مضيق جبل طارق Strait of Gibraltar إلى المحيط الأطلنطى. فلم يكن المحيط معروفًا إذ كان التصور أنه نهر ينساب حول مساحة أرض مستوية مأهولة بالسكان (ذلك الجزء من جزيرة العالم الذى عرفه اليونانيون والفينيقيون القدامى) .

استكشف الفينيقيون كلاً من شمال وجنوب مضيق جبل طارق، وفى بعض الأماكن من الأطلنطى اكتشف الفينيقيون "الكاستيرايدز" Cassiterides ، أو جزر القصدير Tin Isles ، حيث قاموا باستخراج القصدير الخام. كان هذا الخام أساسيًا لصنع البرونز، بعد أن نضبت مصادر القصدير الشحيحة فى شرقى البحر المتوسط.

ظل الفينيقيون يخفون سر موقع جزر القصدير لكى يحتفظوا باحتكار هذه السلعة النفيسة، وقد نجحوا فى ذلك لدرجة أنه لا توجد لدينا حتى اليوم معلومات مؤكدة عن موقع هذه الجزر . وعادة ما يطلق على هذه الجزر كورنويل Cornwall ، وهى شبه الجزيرة الواقعة فى الطرف الجنوبى الغربى من بريطانيا العظمى، أو جزر سلى، الواقعة على طرف الكرنويل، حيث يوجد بكليهما مناجم قصدير تم استغلالها فى القرون الأخيرة.

ومن أشهر قصص الاستكشاف الفينيقى تلك القصص التى رواها المؤرخ اليونانى هيرودتس (١٠) Herodotus . فقد روى أنه فى حوالى سنة ٦٠٠ ق.م أرسل ملك مصرى يدعى نيخو Nicho بعثة فينيقية لاستكشاف ساحل أفريقيا. تكونت البعثة التى كانت تحت إمرة الملاح الفينيقى هانو Hanno من ستين سفينة وثلاثين ألف مستعمر، وكان الهدف منها اكتشاف مدن . وقاموا بالإبحار نحو الساحل الشرقى لإفريقيا وداروا حول القارة وعادوا بعد ثلاث سنوات إلى مصر عن طريق مضيق جبل طارق .

ويقول هيرودتس مؤكدا إنه لا يصدق هذا، لأنه كما يقول، تتضمن الرواية الفينيقية عبارة تقول بأنهم عندما كانوا يبحرون قبالة الطرف الجنوبى للقارة الأفريقية من الشرق إلى الغرب، كانت الشمس تقع على يمينهم (إلى الشمال). ولما كانت الشمس فى شمال المنطقة المعتدلة – حيث كانت تقع دائما كل الأراضى المعروفة لهيرودتس – فى الجنوب، فكان ذلك ما أثار شكوك هيرودتس. ومع ذلك يقع الطرف الجنوبى لأفريقيا

جنوب المنطقة المعتدلة، وهناك تكون الشمس بالفعل فى الشمال. والفينيقيون لم يفكروا فى موقف غير طبيعى كهذا إن لم يكونوا قد شاهدوه بالفعل، وهو ما يجعل المرء يعتقد أن الدوران حول القارة كان حقيقة.

وحوالى سنة ٤٥٠ ق.م، استكشف ملاح فينيقى آخر يدعى هاميليكو ، طبقًا لرواية ضعيفة، ساحل الأطلنطى جهة الشمال على طول ما نطلق عليه حاليا البرتغال وأسبانيا وفرنسا، وربما أمكنه الوصول إلى بريطانيا. ويحتمل أن كان هذا هو الطريق الفينيقى المعتاد إلى جزر القصدير.

ومادام بقاء القرطاجيين فى جبل طارق ثابتًا ، فلم توجد سفن أخرى غير سفن الفينيقيين كان يمكنها المغامرة بارتياد الأطلنطى. بيد أنه فى القرن الرابع ق.م، كانت قرطاج متورطة فى سلسلة حروب مع مدينة سرياقوصة **Syracuse** اليونانية فى صقلية، وإلى حد ما كانت لها أسوأ النتائج. وقد ضعف تمسك القرطاجنيين بالمضيق. وفى حوالى سنة ٣٢٠ ق.م، تسلل ملاح يونانى، يدعى بيثيس من ماسيليا **Pytheas of Massilia** (مرسيليا حاليا) إلى الأطلنطى وأبحر نحو الشمال.

ومثل هاميليكو **Himilco** ، استكشف بيثيس **Pytheas** سواحل البرتغال وأسبانيا وفرنسا ، ووصل بالتحديد إلى بريطانيا ، ومن المحتمل أنه دار حولها. وقد أشار إلى الطريقة التى يفصل بها البريطانيون حبوبهم داخل البيوت (بسبب سوء أحوال الطقس فى الجزيرة) ، ووصف أيضا المشروبات المصنوعة من الحبوب المنقوعة (البيرة) ومن شراب العسل. وأشار إلى طريقة زيادة اختلاف طول النهار والليل كلما اتجه بعيدا نحو الشمال، وأشار إلى حركات المد والجزر الكبيرة (ذلك الشىء الذى لا يحدث فى البحر المتوسط الذى تكاد تنعدم فيه حركات المد والجزر) .

وربما يكون شاهد بنفسه أو أخبره أحد عن أماكن كانت بعيدة فى الشمال لدرجة أن الشمس لا تشرق فيها على الإطلاق ويخيم عليها الظلام طوال اليوم. وقد أطلق على الأراضى التى وصلها والتى كانت فى أقصى الشمال اسم أقصى الشمال، ويحتمل أنها كانت فى الغالب إسكندنافيا **Scandinavia** . ومنذ زمنه تعرف الأوروبيون الغربيون تقريبا على ما يوجد فى الأطلنطى من جزر.

لم تقدم رحلات الفينيقيين واليونانيين الاستكشافية النموذج الذى يتبع . فقد كانت تروى الحكايات بصورة مشوشة وتُرفض لكونها مبالغًا فيها تمامًا ، أو حتى إن كانت صحيحة لا تكون بذات أهمية لأناس عمليين - وكان الرومان هم السادة الأواخر للبحر المتوسط ، الذين كانوا عمليين بشكل لافت للنظر، والذين لم يستكشفوا سوى المناطق التى فتحوها ولا شيء أكثر من ذلك .

وفى الزمن الذى انشغل فيه الفينيقيون برحلاتهم الاستكشافية، كانت لا تزال هناك أعمال عظيمة يقوم بها البولينيزيون Polynesians من جانبهم للعالم . وبالفعل ، مع الأخذ فى الاعتبار التكنولوجيا التى كانت متاحة لديهم ، كان البولينيزيون بغير شك ملاحين عظام أكثر جرأة لم يشهد العالم مثلهم من قبل.

تبلغ مساحة الأراضى الكلية الواقعة جنوب الباسيفيكى حوالى مليون كيلو متر مربع . هذه المساحة مرة أخرى تبلغ نصف مساحة ولاية تكساس ، غير أن هذه المساحة موزعة بين عشرة آلاف جزيرة صغيرة تغطى نصف الكرة الأرضية تقريبًا . ولا تشكل مساحة أرض جنوب الباسيفيكى أكثر من نصف بالمائة من مساحة المحيط التى تقع فيه .

بداية من جزر الهند الشرقية East Indies وأستراليا، حوالى سنة ٨٠٠٠ ق.م ، انتقل البولينيزيون تدريجيًا من جزيرة لأخرى، وجابوا مسافة هائلة بسفن بدائية الصنع أشبه ما تكون بالقوارب. وقرابة سنة ١٠٠٠ ، قاموا باحتلال مثلثًا باسيفيكيًا كبيرًا ، كانت تمثل نيوزيلندا أحد أركانه فى الجنوب الغربى، وجزر هاواى فى الشمال وجزيرة أسترال فى الشرق. وجابت سفن البولينيزيين البدائية نحو ١٤ مليون كيلو متر مربع من المحيط.

بيد أنه ، هنا ، مرة أخرى ، كان تأثير البولينيزيين على بقية العالم وعلى الأجيال المقبلة تأثيرًا منعدما . وعلاوة على ذلك، لم تحتفظ الثقافة البولينيزية بروابط وثيقة مع الجزر، وأصبحت العزلة هى الوضع السائد.

الرحلات البحرية فى العصور الوسطى

فى القرون الأخيرة من التوسع البولينيزى ، ظهر ملاحون جدد فى أوروبا فى مناطق لم تكن تابعة للإمبراطورية الرومانية .

كانت أيرلندا إحدى هذه المناطق التى لم تصلها فيالق الجيش الرومانى . وبين سنتى ٥٠٠ و٨٠٠ ، عندما تفككت الإمبراطورية الرومانية فى الغرب ، وعادت بريطانيا تقريباً إلى حالة البربرية ، شهدت أيرلندا عصراً ذهبياً من الثقافة والتعليم.

دخلت المسيحية أيرلندا سنة ٤٣٣ مع القديس باتريك St. Patrick ، وحافظت جماعات الرهبان على التعليم ، وحتى استخدام اللغة اليونانية. وكان أحد هؤلاء الرهبان الذى يدعى القديس برندان St. Brendan هو أول ملاح منذ زمن بيثيس يغامر بارتياد الأطلنطى . وقد قام باستكشاف جزر بعيدة عن ساحل أسكتلندا، وأبحر بين جزر شتلند Shetland Islands لمسافة ٢٠٠ كيلومتر شمال أسكتلندا.

وربما يكون بيثيس قد وصل جزر شتلند ، لكن من المحتمل أن يكون القديس برندان قد أبحر أبعد من ذلك شمالاً نحو جزر الفارو Faeroe Islands ، حوالى ٣٢٠ كيلومتراً شمال شتلند . وجاء بعد ذلك رهبان أيرلنديون واتبعوا مسار برندان. ويحتمل فى حوالى سنة ٧٩٠ ، أن يكون الأيرلنديون الجوّالون قد وصلوا إلى أيسلندا، حوالى ٤٨٠ كيلومترا شمال غرب جزر الفارو .

وعلى الرغم من ذلك، لم تكن لعمليات استكشاف الأطلنطى الأيرلندية مثل استكشافات البولينيزيين واليونانيين أثر باق ، ولم تؤد إلى استيطان دائم . وقد تحولت الحكايات إلى أسطورة ثم اعتراها التحريف ، حتى أصبح فى حكم المستحيل معرفة ما قام به المستكشفون الأيرلنديون ، وكل ما فعلوه كان من نسج الخيال .

ثم جاء الفيكنج Viking (القراصنة الإسكندنافيون) من النرويج. ولمدة تصل إلى ٢٥٠ عاما، بدءًا من سنة ٧٩٠، أشاع مغيرو البحر الفيكنج الرعب فى جميع شواطئ أوروبا الغربية، حيث قاموا بالاستيلاء على معظم أراضى أيرلندا وأسكتلندا، ووضعوا نهاية العصر الذهبى فى أيرلندا. وقد قاموا بتخريب ممالك الأنجلو- ساكسون التى تم تأسيسها فى بريطانيا بعد انسحاب الرومان، وقاموا بنهب سواحل وأنهار فرنسا وألمانيا الحاليتين ، وربما استطاعوا اختراق البحر المتوسط عن طريق البحر مباشرة أو عن طريق البر عبر أراضى روسيا.

وأبحروا أيضا فى بحار لم تكن لها أسماء معروفة آنذاك. وفى حوالى سنة ٨٧٠، أبحر قرصان إسكندنافى يدعى أوتر Ottar شمالا من قبيل الفضول . وقد كان يرغب

فى معرفة كم تبعد الأراضى الموجودة فى الشمال، وما إن كانت الأراضى الشمالية البعيدة يسكنها بشر .

وعلى ما يبدو ، فقد نجح فى الطواف حول الطرف الشمالى لشبه الجزيرة الإسكندنافية، حيث وصل ومرّ بما نطلق عليه حاليا الرأس الشمالى North Cape ، وهى أقصى منطقة شمالية فى القارة الأوروبية. ويقع الرأس الشمالى عند خط عرض ٧١,١ درجة شمالاً، ويبعد حوالى ٢٠٠ كيلومترا عن الدائرة القطبية الشمالية Arctic Circle . وعلى فرض صحة الرواية، فإن هذا يعتبر أول عبور معروف للدائرة القطبية بطريق البحر.

أبحر أوتر إلى ما بعد الرأس الشمالى، حيث يمتد الساحل نحو الشمال الشرقى على طول ما نسميه حاليا بشبه جزيرة كولا Kola Peninsula ، ثم دخل بعد ذلك البحر الأبيض(*) .

وربما اخترق القراصنة الإسكندنافيون ما يعتبر أبعد شمالا من الرأس الشمالى. ففى سنة ١١٩٤، ووفقًا لبعض السجلات القديمة، عبر القراصنة الإسكندنافيون جزيرة أطلقوا عليها سفال Svalbard . وهذه الجزيرة عادة ما تعرف بمجموعة جزر سبتزبرجن Spitzbergen .وحتى النقطة الأبعد جنوبيًا فى سبتزبرجن تقع عند ٧٦,٦ درجة شمالاً، وتبعد عن الدائرة القطبية الشمالية بمسافة ٤٥٠ كيلومترا. وتمثل هذه المنطقة أقصى أرض فى الشمال وصل إليها القراصنة إلاسكندنافيون.

قام القراصنة الإسكندنافيون برحلات بالغة الإثارة نحو الغرب. فحتى قبل رحلات أوتر جهة الشمال، وصل القراصنة إلاسكندنافيون إلى جزر الفارو، وقاموا بتأسيس أول مستعمرة دائمة. فلو كان أى أيرلندى قد استقر فى الجزر من قبل، فإما أن يكون قد انقرض أو غادرها.

كانت جزر الفارو مجرد محطة توقف للبحارة الفيكنج. فقد نزل المغترب النرويجى إنجلفر أرنارسون Ingolfur Arnarson بجزيرة أيسلندا فى عام ٨٧٤ . ومرة أخرى، فأى أيرلنديين كانوا موجودين هناك قد رحلوا وتم الاستيطان للقراصنة الإسكندنافيين

(*) مفهوم بالطبع أنه غير البحر المتوسط المعروف . (المراجع).

وظلوا هناك بصفة دائمة. كانت جزر الفارو وأيسلندا أول أراض خالية فى ذلك الحين يستوطنها الأوروبيون بشكل دائم فى العصور التاريخية.

ومن أعالى قمم الجبال فى شمال غربى أيسلندا، يستطيع المرء أن يتبين الأرض من الأفق بصعوبة (حوالى ١٢٠ كيلومترا نحو الشمال الغربى) ، ففى هذا الجزء من أيسلندا عاش إيريك ثروفالدسون Eric Thorvaldsson قرب نهاية القرن العاشر. وكان يطلق عليه إيريك الأحمر Eric the Red بسبب لون شعره الأحمر .

فى عام ٩٨٢، نُفىَ إيريك لمدة ثلاث سنوات بسبب جرم ارتكبه ، وقرر استغلال الوقت للمضى فى الاستكشاف. وقد وصل الأرض الغربية، وهى مكان موحش بسبب الجليد والإقفار، وأبحر حول طرفها الجنوبى(حوالى ٥٥٠ كيلومتراً غرب أيسلندا). والساحل الجنوبى الغربى فيما ظهر أنه جزيرة ضخمة، بدا إلى حد ما أقل برودة من الساحل الجنوبى الشرقى، وظن إيريك أن هذا الطقس يمكنّه من إقامة مستعمرة.

فى عام ٩٨٥، رجع إيريك إلى أيسلندا لجمع المستعمرين إلى أرضه الجديدة التى روّج لها باسم جرينلند Greenland . ولم يكن اللون الأخضر الذى وصف به الجزيرة له دليل من الواقع ، لكن وصف الاسم ظل يطلق عليها حتى اليوم. وفى سنة ٩٨٦، أسست ١٤ سفينة مستعمرة ، وظلت هذه المستعمرة قائمة على مدى أربعة قرون. وعلى الرغم من بلوغ الجزيرة قمة الازدهار حوالى القرن الثالث عشر، فقد كان يسكن بالجزيرة ٣٠٠٠ قرصان إسكندنافى.

استُخدمت جرينلند كقاعدة للاستكشافات الأخرى نحو الغرب. وفى سنة ١٠٠٠م، قاد ليف إيركسون Leif Ericsson ابن إيريك الأحمر مجموعة من القراصنة للنزول فى أحد الأماكن فى قارة أمريكا الشمالية، ربما فى جزيرة نيوفوندلند Newfoundland . ولبضع سنوات، ظل القراصنة الإسكندنافيون يحاولون إنشاء مستعمرة أطلقوا عليها فينلند Vinland (موقعها الصحيح غير معروف)، لكنها لم تدم طويلا.

وعلى عكس أيسلندا وجرينلند ، لم تكن فنلندا خالية من البشر. فقد كان هناك أناس أطلق عليهم الفيكنج اسم سكرلنجز Skrellings ، وهم الذين أطلق عليهم فيما بعد الهنود . وفى النهاية أبادت مقاومتهم مستعمرى فنلندا الذين هجروا المنطقة . وعلى

الرغم من هذا ، كان سكان جرينلند يسافرون بشكل روتينى إلى ساحل أمريكا الشمالية للحصول على الخشب، حيث لم تكن توجد أخشاب على أرض جرينلند.

وواجهت جرينلند أوقاتًا صعبةً فى القرن الرابع عشر، فقد استشرى مرض الطاعون Black Death فى أوروبا فى أربعينيات القرن الرابع عشر ، واستشرى المرض فى إسكندنافيا وأيسلندا فى عام ١٣٤٩ . وقد منع هذا تبادل السفن التى تعتبر شريان الحياة لسكان جرينلند، وكانت آخر سفينة تبحر من النرويج إلى جرينلند فى سنة ١٣٧٦

ثانيا ، واجهت الجزيرة جبهة باردة طفيفة، وأصبح طقس جرينلند الفقير جدا فى أحسن الأحوال طقساً سيئا حتى استحال قيام الزراعة.

وربما جاءت الضربة الأخيرة من الأسكيمو، فقد كانوا شعبا من أصل آسيوى تعلموا التكيف مع الطقس القطبى وطوروا أساليب للعيش على الحيوانات البحرية.

وطد الإسكيمو أنفسهم على شواطئ ألاسكا حوالى القرن الأول الميلادى، وشيئا فشيئا اتجهوا نحو الشرق. وفى حوالى سنة ١٠٠٠م ، بعد فترة ليست بالبعيدة من وصول الفيكنج إلى جنوب غربى جرينلند، وصل الإسكيمو شمال غربى جرينلند. وتقدموا بشكل منتظم جهة الجنوب، وعندما وصلوا فى النهاية إلى مستوطنات الفيكنج، كانت المناوشات بين المجموعتين هى ثالثة الأثافى.

ففى حوالى سنة ١٤١٥ ، انتهى استعمار جرينلند ، وتركت الجزيرة المترامية الأطراف للإسكيمو.

ونتيجة لذلك، ورد القليل من استكشافات الفيكنج. ولتحرى الحقيقة، كانت أيسلندا هى التى استعمروها ولا شىء غير ذلك. وحكايات الأراضى الأخرى التى وصلها جوالو البحر الجسورون هؤلاء لم تخترق قلب غرب أوروبا، وما سمع عن وجود جرينلند والأراضى التى لا تزال موجودة بالغرب ربما تكون قد وصلتهم بشكل محرّف، والتى إن صدقها البعض لم يصدقها البعض الآخر.

أسفار البحر الشرقية

فى حين غامر الأيرلنديون والفيكنج بارتياد الأصقاع الشمالية الباردة من المحيط الأطلنطى ، وفى حين اقتحم البولينيزيون القفار الشاسعة من المحيط الباسيفيكى ، كان العرب **Arabs** يبحرون فى المحيط الهندى. وحقيقة وجود العديد من المسلمين حاليا فى إندونيسيا وجمهورية الفلبين ، تحمل دلالة قاطعة على أن هذه الأصقاع البعيدة وصلها هؤلاء التجار الذين لا تزال توجد حكاياتهم المحرفة والتى تحمل أفكاراً رومانتيكية فى قصص السندباد البحرى **Sindbad the Sailor** وفى رواية ألف ليلة وليلة **The Thousand and One Nights** .

ومع ذلك كانت الصين فى العصور الوسطى **Middle Ages** أكثر الأمم تقدمًا فى العالم من الناحية التكنولوجية ، وقد كانت لفترة وجيزة من الزمن تحت الحكم المغولى ، لكن ذلك لم يغير من الواقع . فقد ظلت الصين قابعة فى مكانها عند بداية التقدم العلمى ، الذى كان من شأنه أن يغير كل شىء ، وكان سيعطى ريادة العالم لمن يستطيعون مواصلة ركب التقدم والنجاح .

كانت الخواص المغناطيسية لبعض المعادن معروفة منذ عصور غابرة ، وكانت مقدرة هذه المعادن على نقل خصائصها المغنطيسية إلى إبرة من الصلب معروفة أيضا. وبطريقة ما (لم يكن من المعروف على وجه التحديد كيف أو متى أو بواسطة من) اكتُشف أن بوصلة ممغنطة كهذه متزنة على محور ومحمية من التيارات الهوائية ، تتخذ دائما اتجاه الشمال – الجنوب .

ومع ذلك، فنحن نعرف أين اكتُشفت؛ فقد اكتُشفت فى الصين، حيث جاء ذكر مثل هذه الأشياء لأول مرة فى القرن الحادى عشر .

وقد كان واضحًا (على الأقل بواسطة الإدراك المؤخر **hindsight**) أن شيئا مثل بوصلة متمحورة (وهى ما نسميه حاليا بالبوصلة المغناطيسية) يمكن أن تصبح أداة مساعدة رائعة فى الملاحة . فيمكنها أن تشير إلى اتجاه الشمال وبشكل غير مباشر، نتيجة لذلك، إلى كل الاتجاهات، سواء ليلا أم نهاراً، وسواء فى الطقس الصحو أو الطقس الملبد بالغيوم. ولا يعتمد المرء الذى يستخدمها على شروق الشمس أو غروبها، أو على النجم القطبى أو كوكبة الدب الأكبر، أو على أى شىء آخر يمكن أن يخفيه الطقس الغائم .

ولم يخف ذلك على بال الملاحين. ففى القرن الحادى عشر، جمع التجار العرب - الذين جابت سفنهم الجزر الإندونيسية - معلومات عن السلوك الباحث عن الشمال لإبرة مغنطيسية، وكانوا يستخدمون بوصلة لإرشادهم. وقد ورد ذلك كثيراً عن كاتب صينى فى تلك الفترة.

وتسربت أخبار البوصلة إلى الغرب، وكان أول أوروبى يذكرها وعرفت عن طريقه هو عالم إنجليزى يدعى الإسكندر نيكام Neckam . وقرابة سنة ١١٨٠ ، تحدث عن البوصلة كإحدى الأساسيات فى فن الملاحة.

و كان العالم، حينذاك مستعداً لإلقاء المسئولية على أول ناس يرغبون فى استخدام البوصلة بجراءة لارتياد الأماكن البعيدة من البحر وبسط كل نفوذهم على المحيط.

وكانت الصين هى إحدى الدول التى وقفت على حافة النجاح.

ففى سنة ١٣٦٨، طرد الصينيون المغول وتوحدوا تحت أسرة منج الحاكمة Ming Dynasty ، وبتعداد سكان بلغ فى ذلك الحين ٨٠ مليون نسمة، وعلى رغم ما ألحقه الغزو المغولى من دمار، كانت الصين دولة موحدة بالرغم من أنها أكثر من كل دول أوروبا ازدحاما بالسكان ، فى حين كانت أوروبا متفرقة، وكانت الصين تتمتع بحكومة قوية ونشطة، وكانت أكثر ثقافة وتقدما من الناحية التكنولوجية من أى منطقة أخرى على الأرض، وكانت لها السفن الأفضل والكثيرة العدد، وكان لها الباع الأطول فى استخدام البوصلة. وعلاوة على ذلك، كان يحكم الصين إمبراطور مفتون بالبحار، ولديه قائد بحرى يستطيع قيادة أسطول أفضل من أى شخص آخر فى العالم فى تلك الفترة .

كان الإمبراطور هو ينج لو Yung-Lo ، الذى أصبح إمبراطوراً فى سنة ١٤٠٢ يحلم بغزو أعالى البحار. وكان قائد أسطول ينج لو هو شنج هو Cheng-ho، وهو شخص مخصى(طواشى) ولد فى ينان، وهو إقليم فى جنوب غرب الصين. وفى سنة ١٤٠٥ ، أبحر شنج هو ومعه ٣٠٠ سفينة و٢٧٠٠ رجلا .

زار أسطول شنج هو إندونيسيا والملايو وسيلان، وأحدث تفوقًا صينيًا فى كل مكان وهزم الجيوش الوطنية ، وأعاد الأسرى الصينيين من الحكام الوطنيين . وفى الإجمال، حقق شنج هو ما لا يقل عن سبعة حملات بحرية ناجحة ، وأبحر غربًا إلى البحر الأحمر، وزار المخا (فى اليمن) ومصر .

ما الذى غيَّر الأمور ؟

توفى الإمبراطور ينج لو سنة ١٤٢٤ ، ولم يكن خلفاؤه مهتمين بمواصلة الحملات البحرية، وجعلت القناعة الذاتية للصين (محقة إلى حد ما) بأنها القوة الأكثر تقدماً فى العالم، تخطئ تقدير أهمية مخالطة القوى الأخرى، وتقوقعت فى داخلها وفرضت على نفسها عزلة ذاتية وتركت قيادة البحر للآخرين.

لذلك السبب خسرت الصين السباق فى أن تصبح أول قوة فى العالم. وفازت بالسباق القوى الأخرى – الصغيرة جداً والأقل سكاناً والأقل تقدماً . (وللحقيقة، مع ذلك، فلم يكن الخاسر ولا الفائز يعرف فى ذلك الحين أن هناك سباقاً يجرى).

الهوامش

(١) طبقة الأوزون : الجزء من الغلاف الجوى الزمهريرى (من ٢٠ إلى ٢٥ كم) الغنى نسبيا بالأوزون، ويفيد الأوزون فى امتصاص الأشعة فوق البنفسجية وإقلالها إلى معدلات غير ضارة للحياة . قاموس الجغرافية المصور، مكتبة لبنان

(٢) الرئيسيات : رتبة من الثدييات لها ثلاث رتيبات وهى الهباريات والقرديات والبشريات . معجم الشهابى فى مصطلحات العلوم الزراعية . المترجم

(٣) فى هذا الكتاب استخدم النظام المترى، الذى يعتبر معترفا به فى كل أنحاء العالم ما عدا الولايات المتحدة. ويساوى الكيلومتر ٥/٨ ميل ؛ ويساوى الكيلومتر المربع أكثر قليلا من ٣/٨ ميلا مربعا. وبالعكس، يساوى الميل ١,٦ كيلومتر؛ والميل المربع يساوى ٢,٦ كيلومتر مربع. (المؤلف)

(٤) قبلاى خان (١٢١٤ - ١٢٩٤) : إمبراطور المغول سنة ١٢٦٠ . حفيد جنكيز خان ومؤسس سلالة يوان فى الصين. اتخذ بكين عاصمة له. نعمت البلاد فى عهده بالازدهار والرخاء وتمتعت بحرية الأديان. المنجد فى اللغة والأعلام لعام ١٩٩٤

(٥) لويس التاسع (١٢١٤ - ١٢٧٠) : قاد الحملتين الصليبيتين ٧و٨. وصل إلى دمياط ١٢٤٩ . أسر فى معركة المنصورة سنة ١٢٥٠، وتوفى بالطاعون فى تونس. المنجد فى اللغة والأعلام دار المشرق ، بيروت. المترجم

(٦) ماركو بولو (١٢٥٤ - ١٣٢٤) : رحالة إيطالى ولد فى البندقية. زار الصين والهند وعاد عن طريق سومطرة. روى أخبار رحلته فى كتاب يعتبر مرجعا تاريخيا وجغرافيا لعلماء الغرب فى عصر النهضة. أقام ١٦ عاما فى بلاط قبلاى خان بمنغوليا . المرجع السابق .

(٧) قبلاى خان (١٢١٤ - ١٢٩٤) : إمبراطور المغول ١٢٦٠، حفيد جنكيزخان ومؤسس سلالة يوان فى الصين. اتخذ بكين عاصمة له. نعمت البلاد فى عهده بالازدهار والرخاء وتمتعت بحرية الأديان. معجم الأعلام.

(٨) الفينيقيون : شعب سام استوطن لبنان (القرن ٢٨ ق.م.) وامتزج بشعوب ما قبل التاريخ ، وانتشروا على الساحل المتوسطى بين أوغاريت (رأس شمرا) وجبل الكرمل وأنشأوا مدنًا دولاً أهمها : جبيل وصور وصيدا وبيروت وأرواد . ارتبطوا بعلاقات وثيقة مع الفراعنة منذ الألف الثالث قبل الميلاد . تمكنوا بفضل سيادة صور من مد نفوذهم التجارى حتى حماة ودمشق وأسسوا على شواطئ المتوسط المصارف والمتاجر والمستعمرات وبلغوا أسبانيا بحثا عن الفضة والقصدير . شيدوا مراكز هامة على الشاطئ الأفريقى أهمها قرطاجة وسبراطة وحضروميت . وفى أوروبا : ملقة وقادش (أسبانيا) ومالطة . ازدهرت صناعاتهم المحلية كالصوف المصبوغ بالأرجوان وأدوات الزينة والتبرج . اكتشفوا الأبجدية فى أوغاريت وطوروها فى جبيل . غزاهم الأشوريون فاحتل تغلاتفلاسرا الأول أرواد (القرن ١١ ق.م.) وامتدت سيطرتهم على المدن

الأخرى . وثارت المدن الفينيقية بقوة وعناد ضد الفاتحين. تعاقب على بلادهم المصريون ثم الفرس فاليونان ثم الرومان. كانت ديانتهم ذات صلة بديانة السومريين الأقدمين تقوم على تأليه قوى الطبيعة . خلف الفينيقيون وراءهم إلى جانب مقدرتهم التجارية آثاراً هندسية رائعة . المنجد فى اللغة والأعلام . المترجم

(٩) أوديسيوس : بطل إغريقى يعرف فى اللاتينية بـ يولكسيس ، التى اشتق منها يوليسيس . وهو ابن لاريتس ملك Ithaca وقد شارك فى حروب طروادة ، وقد احتاج عشر سنوات حتى عاد من طروادة ، وصادفته العديد من المغامرات الرومانسية ، وصفت فى أدويسا هوميروس . المترجم

(١٠) هيرودوتس(٤٨٤؟ - ٥٢٤؟ ق.م) : مؤرخ ورحّالة يونانى . زار العالم المعروف آنذاك لا سيما العراق وفينيقيا ومصر . له "تاريخ" هو من أهم المراجع لمعرفة أخبار الأمم القديمة وأساطيرها . معجم الأعلام (المترجم)

الفصل الثانى

العالم ككل

سواحل أفريقيا

كانت أوروبا الغربية Western Europe هى الفائزة بالسباق ، وبداية لم يكن الفائز سوى جزء صغير منها ، كان هو فى الواقع ذلك الجزء الأصغر والأقل اعتبارا .

كانت أوروبا الغربية ، فى ذلك الوقت، الجزء الفقير والمتخلف بعض الشىء من العالم المتمدين . وقد أصبحت خلال فترة الحروب الصليبية على علم بمستوى المعيشة الراقى فى الشرق ، وعلى علم بالعديد من مفردات الثقافة الشرقية ودقائقها ورفاهتها أيضا، وقد أثارهم أيضا كتاب ماركو بوللو بما احتواه من قصص الثراء والترف العجيب لسكان "جزر الهند الشرقية ". كانت أوروبا الغربية فى حاجة ماسة لأشياء كالسكر والبهارات والحرير والتى لا توجد إلا فى الشرق.

بيد أن هذه الأشياء وأشياء أخرى كانت مكلفة للغاية، لأنها كانت تنقل بطريق البر من الشرق إلى الغرب عن طريق العديد من الوسطاء الذين كانوا يسعون إلى تحقيق الربح. وعلاوة على ذلك، كانت شوكة العثمانيين الأتراك[١] تزداد قوة على طول شواطئ شرق البحر المتوسط، وكانوا يناصبون العداء مسيحيى الغرب ، ويقيمون الحواجز أمام طريق التجارة.

وقد خطر ببال بعض الغربيين أنه ربما يوجد طريق بحرى إلى جزر الهند الشرقية يجنبهم المرور بالأتراك[٢] والوسطاء ويتيح لهم فرصة الاتجار المباشر . وكان الأمير هنرى Prince Henry (١٣٩٤ - ١٤٦٠) هو من خطرت بباله هذه الفكرة وهو الابن الثالث لجون الأول ملك البرتغال .

كانت البرتغال إحدى دول أوروبا الغربية القوية التى تقع فى الطرف الغربى الأقصى وتعتبر الأخيرة فى سلسلة الدول التى حصلت على كنوز الشرق. وكانت البرتغال تواجه الأطلنطى وتقع قبالة شمال أفريقيا. وعندما أصبح استقلالها فى مأمن من المملكة الأسبانية (قشتالة) الكبرى الواقعة فى شرقها، بحثت عن المغامرة ووجدتها فى حرب فى شمال أفريقيا. ففى عام ١٤٥١، استولت قوة برتغالية على مدينة سبتة (Ceuta) فى الطرف الشمالى الأقصى لما يسمى حاليا بالمغرب الأقصى، وأبلى الأمير هنرى بلاء حسنا فى الهجوم .

ونتيجة لذلك، انجذب الأمير هنرى نحو أفريقيا وراوده حلم الإبحار حولها بغية الوصول إلى جزر الهند الشرقية. ولم يكن أحد يعرف كم تمتد أفريقيا جنوبا، وما إذا كان من الممكن الإبحار حولها ، بيد أنه كانت هناك قصة قديمة لهيرودوتس عن دوران الفينيقيين بحراً حول أفريقيا منذ ألفى عام، ولم يكن فى وسع الإنسان سوى أن يحاول.

فى عام ١٤٢٠، أنشأ الأمير هنرى مركزا للملاحة فى ساجرس (Sagres) فى أقصى الطرف الجنوبى الغربى من البرتغال . وأصبح هذا الموقع مرفأ للملاحين المحنكين، وموقعا تدشن فيه السفن وفق تصميمات حديثة، حيث كان يجرى ابتكار واختبار وسائل ملاحية جديدة، وحيث كان يستأجر أطقم البحارة ويُدربون، وحيث كان يجرى تجهيز الحملات بعناية. لم يسبق للأمير هنرى أن غامر بالإبحار بمفرده ، غير أن مؤازرته الدؤوب وإلهامه قد أعطياه اسم هنرى الملاح Henry the Navigator ، ذلك الاسم الذى ذاع صيته على مستوى العالم.

وعاما بعد آخر ، كان الأمير هنرى يرسل السفن للإبحار نحو الساحل الأطلنطى لأفريقيا، وكانت كل سفينة تبحر لمسافة أبعد من سابقتها. وفى الوقت الذى توفى فيه الأمير هنرى سنة ١٤٦٠، كان البحارة البرتغاليون قد وصلوا إلى نهر جامبيا بعد اتباعهم منحنى الساحل الأفريقى لمسافة ٣٠٠٠ كيلومتر فى الاتجاه الجنوبى الغربى إجمالا . لقد كان إنجازا رائعا، ومع ذلك كان لا يزال يمثل خمس المسافة فقط إلى جزر الهند الشرقية (بالرغم من أنه لم يكن فى ذلك الحين ما يدل على ذلك).

وبحلول عـام ١٤٧٠، بدا للبـرتغـاليـين أنهم داروا حـول النتـوء الأفـريقى (بطن أفريقيا) ، ووصلوا ذلك الجزء الذى يتجه نحو الشرق . وبإثارة بالغة، واصل البحارة البرتغاليون جهود بعضهم البعض. وبحلول عام ١٤٧٢، كانوا قطعوا مسافة ٣٠٠٠ كيلومترا نحو الشرق من مصب نهر جامبيا. وبدا أن الأمور تسير نحو الأفضل – وبعد ذلك تحول الساحل الأفريقى نحو الجنوب مرة أخرى .

وتوانى المشروع بعد ذلك الإحباط المروع ، بيد أنه فى عام ١٤٨١ ، اعتلى عرش البرتغال جون الثانى John II ، حفيد أخ هنرى الملاح ، وقد ألهم المشروع روحا جديدة. فخلال عام من ارتقائه العرش ، واصل البحارة البرتغاليون استكشافاتهم التى حملتهم ٢٥٠٠ كيلومـترا جنـوب المنطقـة التى تحـول فيهـا السـاحـل الأفريقى نحو الجنوب مرة أخرى .

وقد أكثر جون الثانى من فرص نجاحه أيضا من خلال تنظيم حملة إلى البحر المتوسط والبحر الأحمر عام ١٤٨٧ . وربما لا يكون هذا الاتجاه ممرا تجاريا عمليا ، لأنه كان سيمر بالأراضى الإسلامية، لكنه ربما يعود بمعلومات مهمة.

وتحت قيـادة بيدرو دى كوفيلهاو Pedro de Covilhao (١٤٥٠ – ١٥٤٥) ، مرت الحملة الكشفية بالقاهرة ثم سافرت إلى الطرف الجنوبى من البحر الأحمر عند عدن . ومن هناك ركب كوفيلهاو سفينة حملته إلى الهند . وبعد ذلك أبحر عائدا إلى الساحل الشرقى لأفريقيا ، حيث اكتشف هذا الساحل حتى مصب الزمبيزى جنوبا Zambesi River ، فيما يعرف حاليا بموزامبيق Mozambique .

مكث كـوفيلهـاو فى أثيـوبيا ومن هـناك أرسل تقريرا وافيـا. وبالحسـاب، لن يزيد عـرض قـارة أفـريقـيـا عن ٢٤٠٠ كـيلومـتـر عند أقـصى المناطق جنوبا التى وصلهـا البرتغاليون على السواحل الشرقية والغربية ، ويصل عرض القارة عند طرفها الشمالى إلى ٦٤٠٠ كـيلومـتـر ، ونتـيـجـة لذلـك، ربما يصـل هذا العـرض إلى رأس بـرى ، وقـد لا يكون هـذا الرأس البـرى على مـسـافـة بعـيـدة نحـو الجنـوب، لذا يلـزم مواصلة الإبحار .

واستمر الإبحار نحو الجنوب ، وفى نفس العام الذى غادر فيه كوفيلهاو، أرسل جـون الثانى بارتولميو دياز Bartolomeu Dias (١٤٥٠ – ١٥٠٠) إلى السـاحل الغربى

من أفريقيا. وقد سافر إلى أبعد ما يكون نحو الجنوب من أى بحّار قبله ، وبعد ذلك واجهته عاصفة حملته بعيدا نحو الجنوب . وعندما انتهت العاصفة، وجد دياز نفسه أمام بحر مفتوح ، ليست به أية إشارة لمعالم برية فى أى مكان .

وعلى فرض أن الساحل الأفريقى يقع فى مكان ما جهة الشرق، فقد أبحر شرقا ولم يجد شيئا . بعد ذلك اتجه نحو الشمال، وفى الثالث من فبراير عام ١٤٨٨ ، وصل إلى الساحل الأفريقى ، والذى – لدهشته – كان يجرى للشرق والغرب . فى مكان ما يجب أن يكون الاتجاه الجنوبى قد انتهى ، ولا بد أن يدور الساحل جهة الشرق ، وقد ضاعت منه نقطة التحول أثناء العاصفة .

وقد أبحر شرقا على طول الساحل، وبعد ٤٠٩٠ كيلومترا ، بدأ يتجه إلى نحو الشمال الشرقى . وكان دياز مقتنعا بأنه مر بالطرف الجنوبى للقارة وصار عائدا . وقد وجد أن النقطة التى يترك فيها خط الساحل الاتجاه شرق–غرب فجأة ويصبح شمال – جنوب، هى النقطة التى ضاعت منه أثناء العاصفة. وقد أطلق على هذه النقطة رأس العواصف Cape of Storms ، لكنه عندما عاد إلى البرتغال وأعد تقريره ، أطلق جون الثانى تسمية مناسبة لهذه النقطة، وهى رأس الرجاء الصالح the Cape of Good Hope .

ومع أن جون الثانى، الذى كان أكثر من أى شخص آخر(بخلاف هنرى الملاح) الروح الباعثة للمشروع الأفريقى، لم يعش ليرى مشروعه يخرج إلى النور، حيث مات فى عام ١٤٩٥ ، وخلفه ابن عمه مانويل الأول Manuel I .

أرسل مانويل الأول فاسكو داجاما Vasco da Gama (١٤٦٩ – ١٥٢٤) ، الذى أبحر من لشبونة فى الرابع من يوليو ١٤٩٧ ، وطاف حول رأس الرجاء الصالح، وواصل سيره إلى أن وصل الهند فى التاسع عشر من مايو ١٤٩٨ .

وهكذا، فالاتصال الذى تم لم ينقطع أبدا. فقد تحاشت البرتغال مواجهة العالم الإسلامى Islamic World . وكانت فى ذلك الوقت دولة صغيرة لم يتجاوز تعداد سكانها ١,٢٥٠,٠٠٠ نسمة، لكنها حظيت بميزتين كبيرتين عندما واجهت الأراضى الغنية والآهلة بالسكان فى آسيا. وفى المقام الأول، مكنتها سفنها من الانتقال من موقع لآخر حسب رغبتها إلى حد ما حتى إن خصومها المحيطين بها لم يستطيعوا أن يقوموا

بشىء تجاهها، ومن خلال تأسيس قواعد بحرية رئيسية، استطاع عدد قليل من السفن والرجال إحكام السيطرة على مناطق ساحلية شاسعة .

وفى المقام الثانى ، كانت البرتغال تضع مدافع على متن تلك السفن ، ولم يكن لخصومها ما يضارعها. فقد اكتشف الصينيون البارودGunpowder (نوع من المتفجرات) ، غير أن استخدامه أساسا كان يقتصر على عروض الألعاب النارية ، وتم استخدامه لبعث الدهشة والخوف فى المحاربين والخيول أثناء المعركة . وقد وصل سر البارود إلى أوروبا الغربية فى الوقت الذى سهلت فيه الإمبراطورية المنغولية سبل الاتصال بين الشرق والغرب ، ولم يكن ذلك قبل زمن طويل من اختراع المسيحيين محبى الحروب للمدفع الذى استخدموه فى سفك الدماء.

وهكذا أصبحت البرتغال – وهى الدولة الأضعف من الصين القوية – أول قوة عالمية وأسست أول إمبراطورية عبر البحار.

العالم الجديد

لم يدم بقاء البرتغال كقوة وحيدة فى العالم ، ولم يظل الطريق حول الطرف الجنوبى لأفريقيا هو الطريق البحرى الوحيد الذى يمكن تصوره أو تخيله ويوصل إلى جزر الهند الشرقية.

ومنذ زمن الإغريق القدامى، أدرك العلماء الأوروبيون أن الأرض كروية. ولذلك السبب يستطيع المرء من الناحية النظرية أن يقلع غربا من أوروبا ويمكنه الإبحار عبر المحيط المفتوح إلى أن يصل إلى الساحل الشرقى لأفريقيا.

صحيح، كان يعنى هذا الإبحار مسافات شاسعة فى المياه المفتوحة بعيدا عن أية أراض، ولم يكن فى استطاعة إنسان أن يقوم بذلك من قبل. وحتى البرتغاليون فى رحلاتهم الاستكشافية العظيمة تجنبوا الابتعاد عن الساحل الأفريقى. ومازال، من خلال الفهم الجيد لعمل البوصلة، لم تكن هناك فرصة لفقدان الطريق ، فقد كان بالإمكان بواسطة البوصلة العودة من حيث أتوا.

وفى هذا الخصوص برز سؤال عن مدى ضخامة الأرض. فقد قدر الجغرافى اليونانى القديم إيراتوستين Eratosthenes (٢٧٦ - ١٩٦ ق.م) فى عام ٢٤٠ ق.م أن محيط الأرض يبلغ ٤٠,٠٠٠ كيلومترا . وقد كان على صواب فى تقديره ، وكان يعنى هذا أن المسافة من الساحل الغربى لأوروبا غرباً إلى الساحل الشرقى لآسيا كانت حوالى ٢٥,٠٠٠ كيلومتر. ولم يكن فى إمكان أية سفينة من سفن القرن الخامس عشر حمل مؤن تكفى للإبحار طوال هذه المسافة من المياه المفتوحة .

ومع ذلك فقد توصل جغرافيون يونانيون متأخرون بشكل غير صحيح إلى رقم أقل لمحيط الأرض، وقدر العديد من جغرافيى القرن الخامس عشر أن محيط الأرض لا يزيد عن ٢٩,٠٠٠ كيلومتر . والأكثر من ذلك ، وضع ماركو بولو بشكل غير صحيح البر الشرقى من آسيا فى موضع أكثر بعدا شرقا عن حقيقة وجوده. وإذا ما أضيفت غلطة صغر حجم الأرض إلى غلطة خط الساحل الآسيوى البعيد نحو الشرق، فيتضح أن الرحلة جهة الغرب من أوروبا قد لا تزيد عن ٤٨٠٠ كيلومتر (أقل من خمس المسافة الحقيقية) .

وعندما اقتنع كريستوفر كولومبوس Christopher Columbus بأن هذه المسافة الصغيرة هى الصحيحة - وهو ذلك الرجل الذى ولد فى جنوا بإيطاليا سنة ١٤١٥، والذى أبحر فى شبابه وكان يحلم بالوصول إلى آسيا عن طريق الإبحار غربًا - حاول ترويج الفكرة عند جون الثانى ملك البرتغال، لكن جون الثانى رفضها. فقد اعتقد أن الرحلة غربا ستكون أكثر بعدا من ٤٨٠٠ كيلومتر، وفضل الإبقاء على المشروع الأفريقى.

وفى تلك الأثناء، اختفت من الخريطة دولة قشتالة الواقعة شرق البرتغال، وتزوجت ملكتها إيزابيلا Isabella من فرديناند الثانى ملك أراجون Ferdinand II of Aragon، وهى الدولة التى لا تزال أبعد شرقا ، وحكم العاهلان الدولة المتحدة، التى يطلق عليها حاليا، أسبانيا Spain . وعلاوة على ذلك، ففى عام ١٤٩٢، غزا فرديناند وإيزابيلا غرناطة Granada ، وهى حصن المسلمين الأخير ، الذين حكموا منه أسبانيا قرابة سبعة قرون ونصف القرن .

وبتلهفهما على إظهار قوة أسبانيا الجديدة، وغيرتهما بعض الشيء من إنجازات البرتغال البحرية ، قرر فرديناند وإيزابيلا أن يعود كولومبوس بحرص - على الأقل

إلى حد أنهما أعطياه ثلاث سفن صغيرة قليلة الأهمية ، وعرضا عليه مجموعة من الأفراد الذين حكم عليهم لارتكابهم جرائم ، وكانت لديهم الرغبة في التطوع في رحلة خطيرة للحصول على حريتهم. وقدرت التكاليف الكلية للحملة التي ثبت أنها الأكثر أهمية في التاريخ بمقدار يتراوح بين ١٦,٠٠٠ دولار و ٧٥,٠٠٠ دولار ، وهو مبلغ ليس بالكبير حتى في تلك الأيام .

وفي الثالث من أغسطس ١٤٩٢ ، غادر كولومبوس ومعه تسعون رجلا وثلاث سفن من ميناء بالوس Palos ، وهو الميناء الواقع جنوبي أسبانيا ، الذي يبعد خمسين كيلومترا شرق الحدود البرتغالية .

أبحر كولومبوس إلى جزر كناريا Canary Islands ، التي كانت في أيدي الأسبان ، وبعد ذلك في السادس من سبتمبر ١٤٩٢ ، رحل إلى المجهول . وقد أحسن صنعا بالسفر جهة الجنوب في البداية ، حيث مكنه ذلك من الاستفادة بالرياح التجارية ، التي ساعدته على مواصلة الإبحار غربا . ولو حاول التوجه بعيدا نحو الشمال لكان قد واجه الرياح الغربية ، التي تهب في الاتجاه الخاطئ (أي المعاكس) .

وطوال عدة أسابيع ، أبحرت سفن كولومبوس بشكل منتظم نحو الغرب . وبصورة مدهشة، كان المسار سلسا تماما ، وأسلس المسارات المعروفة . فلم يشاهد ذات مرة في تلك الأسابيع عاصفة واحدة – وكان ذلك من حظ كولومبوس فعلا لأن سفنه الثلاث كانت ستتحطم إذا ما واجهت عاصفة حقيقية .

طوال هذه المدة لم يكن هناك شيء سوى الرياح والأمواج إلى أن جاء يوم الثاني عشر من أكتوبر ١٤٩٢ ، فارتفعت صيحة مدوية "أرض" . والأرض التي شوهدت كانت جزيرة صغيرة مأهولة، وكولومبوس الذي كان مقتنعا بأنه وصل إلى جزر الهند الشرقية ، أطلق على سكانها اسم الهنود، وهو الاسم الخطأ الذي ظل قائما حتى اليوم. أطلق كولومبوس على هذه الجزيرة اسم سان سلفادور San Salvador ، وهي تعني المخلص المبارك (أي يسوع) ، غير أن الاسم أبطل استخدامه، ومما يدعو للدهشة أن هذه الجزيرة التي أطلق عليها هذا الاسم غير محددة لنا على سبيل اليقين. وعادة ما تعرف بأنها واحدة من جزر باهاما Bahamas ، تلك التي أطلق عليها جزيرة والتنج Watling Island على اسم القرصان الإنجليزي جون والتنج.

ومرة أخرى ، بسبب تأكد كولومبوس من أن الجزيرة التى اكتشفها لأول مرة كانت جزءا من جزر الهند الشرقية Indies ، فإن الجزر الواقعة خارج الساحل الأمريكي يطلق عليها حتى هذا اليوم جزر الهند الغربية West Indies .

عاد كولومبوس إلى بالوس فى الثالث عشر من مارس ١٤٩٣ ، وفجأة شعر بأنه أشهر رجل فى أوروبا. فقد اندفعت إليه أفواج الملاحين من كافة الأنحاء، قامت بتمويلهم دول مختلفة إلى الأطلنطى ، غير أن أسبانيا كانت الأولى فى هذا الميدان وقد أصبحت *القوة الثانية فى العالم* .

كان أحد الملاحين إيطاليًا يدعى أمريجو فيسبتشى Amerigo Vespucci (١٤٥١ - ١٥١٢) . والشكل اللاتينى لاسمه هو أمريكو فيسبتشى. ومن عام ١٤٩٧ فصاعدا، قام بحملات لاستكشاف ساحل منطقة قارية جنوب الجزر التى اكتشفها كولومبوس .

وبالنسبة لفيسبتشى لم يبد له أن الأراضى الجديدة يحتمل أن تكون هى الساحل الآسيوى الذى وصفه ماركو بولو ، والتى ظن كولومبوس أنها كذلك (أى أنها جزر الهند الشرقية) وظل متمسكا بوجهة النظر هذه حتى وفاته عام ١٥٠٤ ، لكن فيسبتشى جادل بأن إيراتوسثينيز كان على حق، عندما قال إن المسافة من أوروبا غربا إلى آسيا كانت ٢٥,٠٠٠ كيلو متر ، وبأن الأرض التى اكتشفت كانت "عالما جديدا" يقع وراءها محيط آخر. فقد كان الوجود غير المتوقع إلى الآن لهذه القارات المجهولة هو الذى منع كولومبوس من بذل مجهود مضنٍ للوصول إلى آسيا البعيدة .

وقد اقتنع جغرافى ألمانى هو مارتن والدسيمولر Martin Waldseemuller (١٤٧٠ - ١٥٢٢) بوجهات نظر فيسيبتشى ، ونشر والدسيمولر خريطة تبين *القارة الجديدة* على أنها قارة قائمة بذاتها، وليست جزءا من أوروبا أو آسيا أو أفريقيا. وقد اقترح تسميتها أمريكا America تكريما لفيسيبتشى، الذى عرف للمرة الأولى بأنها قارة جديدة .

وسرعان ما اشتهر الاسم واستخدم على نطاق واسع . وفى البداية اقتصر استخدامه على الجزء الجنوبى من العالم الجديد New World ، حيث كان الجزء الشمالى لا يزال مرتبطا بآسيا. وفى النهاية ، أُطلق اسم أمريكا الشمالية على الجزء الشمالى على الرغم من أنه عُرف أيضا بأنه منفصل عن آسيا، وأطلق على الجزء الجنوبى اسم أمريكا الجنوبية .

حول العالم

افتراض وجود محيط آخر شيء ورؤيته شيء آخر . وقد خطرت الرؤية الأولى على بال المستكشف الأسبانى فاسكو نانيز دى بالبوا Vasco Nunez de Balboa (١٤٧٥ - ١٥١٧) . فقد رسا على ساحل ما نطلق عليها حاليا بنما Panama . وفى سنة ١٥١٠ ، سمع شائعات عن قبائل يوجد لديها الكثير من الذهب وتعيش فى الداخل. وقرر البحث عن هذا الذهب، وفى الأول من سبتمبر ١٥١٣ ، قاد مجموعة من الرجال ، وتوغلوا نحو الداخل. ولم يعرف أحد من الأوروبيين فى ذلك الزمن مدى صغر بنما. وفى الخامس والعشرين من سبتمبر تسلقوا آخر تل، ووجدوا أنفسهم أمام امتداد غير محدود لما بدا أنه محيط. أطلق عليه بالبوا البحر الجنوبى South Sea لأنه عند هذا الموقع يقع جنوب خط الساحل .

وقوى اكتشاف بالبوا من رأى فيسبتشى بأن آسيا الحقيقية تقع بعيدا فى الغرب.

وكانت تلك نقطة استغلها الملاح البرتغالى فرديناند مجلان Ferdinand Magellan (١٤٨٠ - ١٥١٢) . وكان قد جُرِح فى حرب برتغالية مع المغاربة فى شمال أفريقيا ، لكنه اتهم زوراً بأنه كان يتاجر مع المغاربة وأودع السجن . ونظرا لشعوره بالظلم عرض بعد ذلك خدماته على أسبانيا .

خصص البابا الأراضى المكتسبة من الرحلات جهة الشرق للبرتغاليين ، والأراضى المكتسبة من الرحلات جهة الغرب للأسبانيين. وأشار مجلان إلى أن أسبانيا إذا استمرت غربا بعد الأمريكتين ، فقد تصل إلى آسيا دون الحاجة إلى السفر شرقا ويمكن أن تتاجر مع جزر الهند الشرقية دون أن تخرق خطاب وصية البابا .

كان الملك الأسبانى الجديد هو تشارلس الأول Charles I ، ابن فرديناند وإيزابيلا (وسرعان ما أصبح يسمى بالإمبراطور تشارلس الخامس للإمبراطورية الرومانية المقدسة) . وافق تشارلس الخامس على كفالة الرحلة ، وأبحر مجلان من أسبانيا ومعه خمس سفن فى أغسطس ١٥١٩ .

أبحر مجلان جهة النتوء الشرقى لأمريكا الجنوبية (البرازيل الحالية) التى كانت فى تلك الفترة فى أيدى البرتغاليين، وبعد ذلك أبحر جنوب القارة بحثا عن ممر بحرى

ينقل سفنه عبر القارة إلى المحيط الثانى . وكان على الحملة أن ترحل بلا انقطاع بعيدا نحو الجنوب ، إلى أن صادفت فى الحادى والعشرين من أكتوبر ١٥٢٠ ممراً لا يزال يطلق عليه حتى اليوم مضيق مجلان Strait of Magellan .

وطوال ثمانية وثلاثين يوما شقت السفن طريقها عبر طقس بالغ السوء على طول ٥٢٢ كيلومترا فى المضيق. وخرجت جميع السفن الخمس سالمة من المضيق . وفى ٢٨ نوفمبر، قاموا بالإبحار نحو محيط مشرق وسلس، أطلق عليه مجلان اسم المحيط الباسيفيكى Pacific Ocean (الهادئ).

ومع ذلك فقد جاءت الرياح بما لا تشتهى السفن ، فقد كان الباسيفيكى محيطا ضخما أكثر مما كان يتوقعه تحديد إيراتوسثينوس لمحيط الأرض، غير أن الصعوبة أيضا كانت فى أنه خالٍ من اليابسة بشكل ملحوظ. ولقرابة تسعة وتسعين يوما، أبحر الأسطول الصغير دون أن يجد أية معالم برية، وانقطعت الإمدادات مما اضطر البحارة إلى قضم الجلود ومزجها بنشارة الخشب فى طعامهم حتى يكون لديهم شيء يلوكونه، إلى أن جاء السادس من مارس ١٥٢١ ، وهم على وشك الموت، فقد وصلوا إلى جزيرة جوام Guam . وهناك التقطوا أنفاسهم وأبحروا غربا إلى ما عرف فيما بعد بجزر الفلبين Philippine Islands . وهناك مات مجلان فى السابع والعشرين من أبريل ١٥٢١ على أثر مناوشة وقعت مع السكان المحليين.

واستطاع من تبقى من الحملة أن يغادروا الفلبين بواسطة السفينتين المتبقيتين، واتخذوا وجهتهم نحو الجزر الإندونيسية ، التى كان البرتغاليون قد وصلوها من قبل .

حاولت إحدى السفينتين العودة عبر الباسيفيكى لكنها أخفقت فى تحقيق الهدف. وواصلت السفينة الأخيرة، فيكتورى Victory ، تحت قيادة جوان سبستيان ديل كانو Juan Sebastian del Cano (١٤٦٠ - ١٥٢٦) الإبحار غربا، ودارت حول رأس الرجاء الصالح ثم عادت إلى أسبانيا فى التاسع من سبتمبر ١٥٢٢ ، وعلى متنها ثمانية عشر رجلا .

حملت السفينة فيكتورى أول إنسان طاف حول الأرض، وتلك كانت نقطة أساسية. فلم تثبت فقط فى النهاية أن تقدير إيراتوسثينوس لطول الأرض كان صحيحا ، لكنها أظهرت أيضا أن الأرض لها محيط هائل تقع فيه القارات مثل جزر ضخمة .

علاوة على ذلك، فمن خلال الطواف حول الأرض ، **اتسع أفق البشرية، لأول مرة حتى شمل الأرض كلها** . ولأول مرة ، استطاع الناس أن يفكروا فى الأرض بشكل عالمى وأن يعرفوا المواقع النسبية للقارات الموجودة فوقها.

وبما أنه كانت للأوروبيين السفن والمدافع والخبرة الملاحية، فقد استطاعوا السيطرة على العالم قرابة أربعة قرون ونصف القرن بعد رحلات كولومبوس وداجاما.

المحيط الباسيفيكى

معرفة الأرض بشكل عام لا تعنى أبداً معرفة كل التفاصيل عن العالم ، فالملاحون الذين جابوا المحيطات بثقة متزايدة فى أنفسهم فى القرن السادس عشر والقرن السابع عشر ، كانوا يتوقعون دائما أن يجدوا أراضى جديدة مثل الأراضى التى اكتشفها كولومبوس .

لم يكن هناك احتمال كبير للقيام باكتشافات برية على نطاق واسع فى الأطراف المحدودة نسبيا من المحيط الأطلنطى أو الهندى ، غير أن المحيط الباسيفيكى قد بعث مزيدا من الأمل فى النفوس . فبين الأمريكتين وآسيا يقع محيط الذى لو افترضنا أنه كان خاليا من المياه فستصل مساحته ١٨٨ مليون كيلو متر مربع، وهو ما يعادل ثلث مساحة الكرة الأرضية .

وإذا استبعدنا مساحة المحيط الباسيفيكى، فستكون بقية الكرة الأرضية يابسة ومياه بنسبة ٣ إلى ٥ . وإذا طبقنا هذا الوضع على مساحة الباسيفيكى أيضا ، فيجب أن يكون هناك ٧٠ مليون كيلومتر مربع من اليابسة ، وهى مساحة إذا تجمعت فى قارة واحدة، فسوف تساوى تقريبا مساحة قارتى آسيا وأفريقيا مجتمعتين . وحتى لو كان هذا التقدير مغالى فيه ، فلا بد أن هناك من الأراضى شيئا ذا قدر وشأن .

فى سنة ١٦٠٦ ، طاف الملاح الأسبانى لويس فيز دى توريس **Luis Vaes de Torres** حول أكبر جزر غينيا الجديدة(إيريان الغربية) **New Guinea** ، وأوضح أنها لم تكن على الأقل جزءا من قارة جنوب الباسيفيكى . ولا تزال تسمى المياه الواقعة جنوب الجزيرة مضيق تورّس **Trres Strait** تكريما له .

ولم يشـاهد تورّس الأرض الواقـعة جنوب مـضـيق تورّس، في حـين كـانت هناك تقارير تفيد بأن تلك الأرض موجودة.

في القـرن السـابع عـشـر ، مـرت البـرتـغـال بحـالة تدهور في الوقت الذي كـان الهولنديون المغامرون يستولون على الجزر الإندونيسية . وأرسل الحاكم العام للجزر، أنطون فان ديمن Anton Van Diemen (١٥٩٣ - ١٦٤٥) حملة استكشافية تحت قيادة أبل جانسزون تسمان Abel Janszoon Tasman (١٦٠٣ - ١٦٣٩) للتحقق من إمكانية وجود أراض جنوب غينيا الجديدة (إيريان الغربية).

غادر تسمان باتافيا Batavia (المعروفة حاليا بجاكارتا) في ١٤ أغسطس ١٦٢٤ ، ومعه سفينتان . وفي خلال عشرة أشهر استطاع الطواف حول جزيرة كبيرة في مثل مساحة الولايات المتحدة دون أن يراها . وقد اكتشف جزيرة صغيرة في جنوب شرقها، والتي أطلق عليها أرض فان ديمن Van Diemen's Land ، والتي سميت أخيرا تسمانيا Tasmania تكريما له . وقد اكتشف أيضا الجزيرة الجنوبية من نيوزلندا وجزر فيجي. وفي حملة ثانية، في عام ١٦٤٤ ، قام بارتياد خط ساحل جزيرة كبيرة نسيها من قبل وأسماها هولند الجديدة New holland . ومع ذلك ، لم يستطع أن يوضح ما إذا كانت جزيرة واحدة أم أنها عدة جزر، ولم يستطع أن يحدد مدى ضخامتها .

وأبحر ملاحون آخرون من الفرنسيين والإنجليز إلى الباسيفيكي دون أن يجدوا أية قارات، واكتملت المهمة في النهاية بواسطة الملاح الإنجليزي جيمس كوك [٢] James Cook ، الذي ربما يعتبر أعظم مستكشف بحري في التاريخ.

استفاد كوك من التكنولوجيا . وحتى زمن كوك لم يكن من المستطاع تحديد خط الطول longitude ، لعدم وجود وسيلة قياس زمن دقيقة . ولم تظهر ساعات من أي نوع إلى أن اخترع الفيزيائي الهولندي كريستان هيجنز Christiaan Huygens (١٦٢٩ - ١٦٩٥) الساعة البندولية في سنة ١٦٥٦ ، غير أن هذه الساعة لم تكن تحافظ على دقة الوقت على ظهر سفينة متأرجحة. وفي سنة ١٧١٣، عرض برلماني بريطاني سلسلة من الجوائز تصل إلى ٢٠ ألف جنيه إسترليني لاختراع وسيلة قياس زمن تحفظ الوقت بدقـة على متن السـفينة. وقـد فـاز بالجـائزة صـانـع الأجـهـزة الإنجليـزي جـون هاريسون John Harrison (١٦٩٣ - ١٧٧٦) ، الذي صنع ساعته الخامسة والأفضل سنة ١٧٦٥ .

بعد ذلك أيضا، اكتشف الطبيب الأسكتلندى جيمس ليند(١٧١٦ - ١٧٩٤) أن الفواكه الحمضية تقى من مرض الأسقربوط الذى يصيب الملاحين عند قيامهم برحلات بحرية طويلة عبر المحيط، لأنهم يتناولون وجبات غذائية محددة وهى القزماط(بسكويت جاف) ولحم الخنزير المجفف. (وينشأ المرض من نقص فيتامين ج ، وقد أصاب البحارة لأول مرة أثناء رحلة فاسكو دا جاما) .

واستطاع كوك بواسطة الساعات الميقاتية chronometers والفاكهة الحمضية أن يجوب الباسيفيكى بمهارة ، وقد قام بذلك فى ثلاث رحلات. وبدءًا من سنة ١٧٦٨ إلى سنة ١٧٧١ ، برسم خريطة دقيقة لكل شواطئ الجزيرتين وكل الساحل الشرقى لهولندا الجديدة ، والتى أصبحت تسمى أستراليا، والتى تعرف عليها كوك على أنها جزيرة كبيرة واحدة يكفى أن يطلق عليها قارة .

وفى رحلته الثانية، من سنة ١٧٧٢ إلى سنة ١٧٧٥ ، قام بالإبحار ذهابا وعودة إلى جنوب الباسيفيكى ودار حول العالم فى خطوط العرض الجنوبية القصوى ، ولم يجد كتلاً أرضية كبيرة .

وفى رحلته الثالثة ، من عام ١٧٧٦ إلى ١٧٧٩ ، قام بالإبحار إلى شمال الباسيفيكى، وأظهر أنه لا توجد كتل أرضية كبيرة هناك أيضا. ولم يعش بعد رحلته الثالثة ، ففى ١٤ فبراير ١٧٧٩ ، قتل فى معركة نشبت مع السكان المحليين فى جزر هاواى ، وكان أول أوروبى يصل هذه الجزر .

وأظهرت رحلات كوك أنه مع الاستثناء المحتمل للمناطق القطبية ، التى لم تكن بأية حال صالحة للسكنى ، وبالحس الطبيعى لا يمكن الإقامة بها ، فلا توجد أية أراض لم تكتشف مهما بلغت مساحتها. وكانت أستراليا هى القارة الأخيرة المسكونة التى تم اكتشافها ، ومن بعد ذلك أمكن العثور على جزر صغيرة متباينة المساحات ، ولا شىء أكثر من ذلك .

وقد ظهر بوضوح أن الباسيفيكى محيط ضخم بالفعل، يخلو من مساحات يابسة كبيرة ، ويشكل ثلث مساحة الكرة الأرضية . وبسببه تشكل مجموع البحار والمحيطات ٧٠٪ من سطح الأرض ، ولا تزيد مساحة اليابسة عن ٣٠٪ .

الساحل القطبى

لو كانت المناطق القطبية غير صالحة للسكنى ولا يمكن المعيشة فوقها، فهل هناك هدف من استكشافها ومن توسيع أفق الإنسان فى هذا الاتجاه؟ وقد يرى الرجال العمليون غير ذلك ، لكن الظروف قادتهم فى هذا الاتجاه .

بعد رحلة مجلان كان هناك مساران بحريان من أوروبا إلى جزر الهند الشرقية ، فقد كان هناك المسار الجنوبى الشرقى الذى ارتاده دا جاما وتحت سيطرة البرتغاليين ، وكان هناك المسار الجنوبى الغربى الذى ارتاده مجلان وكان تحت سيطرة الأسبان .

ورغبت دول أوروبية أخرى مثل إنجلترا وفرنسا وهولندا فى التجارة ، وكانت تتلهف للبحث عن مسارات بحرية أخرى. وقد كانت هناك إمكانيتان : فقد يتطلب المسار الأول الطواف حول السواحل الشمالية لأوروبا وآسيا (المسار الشمالى الشرقى) ، ويتطلب المسار الآخر الطواف حول الساحل الشمالى لأمريكا الشمالية (المسار الشمالى الغربى) .

فى سنة ١٥٥٣ ، أبحر الملاح الإنجليزى السير هج ويليوبى Sir Hug Willoughby بثلاث سفن لاستكشاف المسار الشمالى الشرقى ، وطافت السفن حول حدود إسكندنافيا كما فعل أوتر منذ سبعة قرون .

عبر ويليوبى الدائرة القطبية الشمالية، وأبحرت سفنه بعد ذلك حوالى ١٠٠٠ كيلومتر نحو الشرق، قبل أن يقرر أن الوقت أصبح متأخراً وسوف يحل فصل الشتاء، ثم عادوا . ووجدت سفينتان تحت قيادة ويليوبى ميناء فى شبه جزيرة كولا Kola Peninsula على طول الساحل القطبى قريبا من شرق إسكندنافيا، واضطروا إلى قضاء فصل الشتاء وماتوا بسبب شدة البرد .

وانفصلت السفينة الثالثة تحت قيادة ريتشارد تشانسلور عن السفينتين الأخريين بسبب عاصفة – لحسن حظها – واتخذت طريقها ومرت بحدود شبه جزيرة كولا إلى البحر الأبيض White Sea . وهناك وجدت الميناء البحرى الروسى أرخانجلسك. واقتاد الروس الرجال الإنجليز برا إلى موسكو حيث قام القيصر بتحيتهم، وكان القيصر فى ذلك الوقت هو إيفان الرابع (المرعب).

وقام الهولنديون أيضا بمحاولة. ففي سنة ١٥٩٤ ، غادر الملاح الهولندي وليام بارنتس أمستردام ومعه سفينتان ، واستكشف منطقة المحيط الموجودة في شمال إسكندنافيا وغرب روسيا ، ولا تزال المنطقة تسمى ببحر بارنتس Barents Sea تكريما له . وقد قام باكتشاف عدة جزر كبيرة المساحات ، تشمل نوفايا Novaya زيمليا Zem-lya وسبتزبرجن Spitzbergen ، التي ربما يكون أوتر قد شاهدها من بعيد منذ نحو سبعة قرون ، لكنها كانت منسية .

وفي شتاء ١٥٩٦ - ١٥٩٧ ، كان برنتس مثل ويلوجوبي من قبله قد تجمد في مكانه ؛ وفي هذه المرة في منطقة نوفيا زيمليا . وقد كان معه ستة عشر بحّاراً وعامل كابينة . توفي عامل الكابينة ، ولم يعش برنتس طويلا حتى مقدم الربيع ، في حين عاد الخمسة عشر الآخرون بأمان ، ويعتبرون أول أوروبيين يحتملون شتاء قطبيا في أقصى الشمال .

وجعلت المصاعب التي ألمت بيلوبي وبارنتس أن يشك الأوروبيون الغربيون في جدوى المسار الشمالي الشرقي ، وتوقفت جهود الاستكشاف في هذا الاتجاه .

ومع ذلك ، بالنسبة للروس في شرق أوروبا ، كان هناك شأن آخر . فكان يمكنهم الاستكشاف شرقا عن طريق البر ، حتى وإن كان المسير صعبا، فقد كانت هناك مكافآت في الطريق تتمثل في الفراء . فقد كانت تجارة الفراء هي التي أغرت الروس في المقام الأول بالوصول إلى مناطق بعيدة مثل أرخانجلسك .

في سنة ١٥٨١ ، استخدمت عائلة ستروجانفس Stroganovs الروسية التي حققت ثروة كبيرة من تجارة الفراء رجلا قازاقيا (من الشعب القازاقي المشهور بالفروسية) يدعى يرماك تيموفيفتش Yermak Timofievich للقيام بحملات استكشافية جهة الشرق . غزا يرماك مملكة مغولية شرق جبال الأورال Urals ، وكانت تسمى سيبير Sibir ، وصار يطلق الاسم الإنجليزي سيبيريا على الثلث الشمالي كله من آسيا .

وجاء تجار فراء آخرون، وفي حوالي سنة ١٦٤٨ ، وصل قازاقي يدعى سيمون إيفانوف ديزنيف Semyon Ivanov Dezhnev إلى أقصى الطرف الشرقي من القارة الآسيوية . وفي أقل من سبع سنوات استطاعت روسيا أن تبسط نفوذها شرقًا لآلاف

الكيلومترات عبر عرض آسيا الكامل وحصلت على أراض لا تزال تسيطر عليها حتى اليوم .

وأوضح هذا العمل الروسي العظيم أن الشواطئ الشمالية من روسيا وسيبيريا لن تتجه أبدا جنوبيا لكنها تظل شمال الدائرة القطبية لآلاف عديدة من الكيلومترات. فلو كان هناك أى شك بأن المسار الشمالي الشرقى غير عملى، فإن هذا الشك قد انتفى .

ولكن ماذا عن المسار الشمالى الغربى ؟ كانت تتجه معظم الاستكشافات التى أعقبت أول رحلة لكولومبوس نحو الجنوب – إلى فلوريدا وما وراءها . ومع ذلك فقد كانت هناك حالات استثنائية .

وصل الملاح الإيطالى جون كوبات John Cabot (١٤٥ – ١٤٩٨) ، الذى أبحر مستأجراً من إنجلترا إلى نيوفوندلند Newfoundland فى سنة ١٤٩٧ . وجاب الملاح البرتغالى جاسبر كوتى ريال Gaspar Corte Real (١٤٥٠ – ١٥٠١) ساحل شمال نيوفوندلند فى سنة ١٥٠١ ، وأطلق عليه الاسم البرتغالى لبرادور الذى لا يزال يحمله. (وتعنى الكلمة "عبيد"، وقد جاءت بسبب التقاط كوتى ريال بعض سكانه واختطافهم واسترقاقهم .)

ومع ذلك فقد ملأت هذه الشواهد مساحة صغيرة من الخريطة. وفى غير هذا المكان أو ذاك، إن وجد أى شيء مهما كان صغيرا ، فإنه يكاد يفى بالأمل.

كان الفرنسيون هم الذين قاموا بأول محاولة منتظمة لاستكشاف المسار الشمالى الغربى. ففى سنة ١٥٢٤ ، قاموا بتجهيز حملة تحت قيادة ملاح إيطالى يدعى جيوفانى دا فيرازانو Giovanni da Verrazano (١٤٨٥ – ١٥٢٨) . قام فيرازانو باستكشاف الساحل الشرقى لأمريكا الشمالية بدءا من الأراضى الواقعة تحت سيطرة الأسبان فى الجنوب إلى شبه الجزيرة الشمالية المعروفة حاليا بنوفا سكوشيا Nova Scotia . وقد قام بفحص كل المداخل الرئيسية تحسبا لوجود مضايق تؤدى إلى الباسيفيكى. وكان أول أوروبى يدخل ما يسمى حاليا بخليج نيويورك New York Bay ، على سبيل المثال .

وأظهرت أعمال فيرازانو بما لا يدع مجالاً للشك أنه لا أمل فى البحث عن المسار الشمالى الغربى جنوب نوفا سكوشيا Nova Scotia .

جاء ملاح فرنسي هو جاك كارتير Jacques Cartier (١٤٩١ – ١٥٥٧) إلى الغرب سنة ١٥٣٤ ووجد فتحة تؤدى إلى شمال نوفا شكوشيا Nova Soctia . وهى تقع ما بين نيوفوندلند ولبرادور ، وتسمى حاليا مضيق بل إيزل Belle Isle . وقد عبر ما بدا أنه مدخل واسع للمحيط. وبما أنه قد دخله فى العاشر من أغسطس، وهو يوم الاحتفاء بذكرى القديس لورنس، فإنه يسمى حاليًا بخليج سانت لورنس Gulf of St. Lawrence . وقد اتضح أنه مخرج نهر سانت لورنس ولا يؤدى إلى الباسيفيكى.

لو ثبت وجود مسار شمالى غربى ، فقد أوضحت حملة كارتير الكشفية أنه يجب أن يكون أبعد شمالا من لبرادور. ومع الأخذ فى الاعتبار مناخ لبرادور المتجمد، فهذا يعنى أن المسار الشمالى الغربى، مثل المسار الشمالى الشرقى، سوف تحيط به مياه قطبية. وربما قد يكون هناك امتداد صغير عبر الدائرة القطبية وبعده ينحنى جنوبا إلى البحار المعتدلة. هذا الاحتمال جعل من المجدى البحث عن المسار الشمالى الغربى.

فى سنة ١٥٧٦ ، أبحر ملاح إنجليزى هو مارتن فوربشر Martin Forbisher (١٥٣٥ – ١٥٩٤) إلى أمريكا الشمالية ومعه ثلاث سفن وخمسة وثلاثون رجلا . ووصلت إحدى السفن وعلى متنها ثمانية عشر بحارا إلى لبرادور. اتجه فوربشر شمالا ومعه السفينتان الأخريان، ووطئت قدماه أرض الجزيرة الكبرى المعروفة حاليا بجزيرة بافن Baffin Island ، لكنه لم يجد شيئا يبعث على الأمل كبداية لمسار شمالى غربى. وفى رحلة أخيرة، فى سنة ١٥٧٨ ، لمح فوربشر الطرف الجنوبى من جرينلند، التى كانت آخر مستعمرات الفيكنج منذ قرن ونصف. وبهذا الاكتشاف الجديد دخلت جرينلند وظلت فى ضمير العلم والملاحة .

وتمت المحاولة الكبرى التالية على يد ملاح إنجليزى هو هنرى هدسن Henry Hudson ، الذى اكتشف سنة ١٦١٠ ومعه سفينة واحدة وطاقم يتكون من تسعة عشر بحّارًا ممرًا مائيًا (يسمى حاليا بمضيق هدسن) بين جزيرة بافن ولبرادور. ومر خلاله ودخل مساحة كبيرة من المياه تمتد جنوبا، لكنه لم يكن المسار الشمال الغربى على الإطلاق، حيث كانت تحيط المياه بأرض تسمى حاليا خليج هدسن Hudson Bay .

تجمدت سفينة هدسن فى غضون ستة أشهر خلال شتاء ١٦١٠ – ١٦١١ فى القطاع الجنوبى الأقصى من الخليج ، وهى منطقة تسمى حاليا بخليج جيمس (تكريما لاسم الملك الإنجليزى جيمس الأول) . وعندما تكسر الجليد رغب هدسن فى مواصلة

الاستكشاف ، لكن طاقمه كان لهم شأن آخر . فقد جعلوه هو وابنه وسبعة من رجاله المخلصين تحت رحمة التيارات الهوائية والعواصف وعادوا إلى إنجلترا ، وتجمد هدسن ومن معه ولقوا حتفهم .

في سنة ١٦١٥ ، استكشف ملاح إنجليزى هو وليام بافن William Baffin (١٥٤٨ – ١٦٢٢) المياه الواقعة بين جزيرة بافن (التى سميت باسمه) وجرينلند ، وهو الخليج المعروف حاليا بخليج بافن Baffin Bay . وقد تتبعه إلى الجزر الواقعة شمال جزيرة بافن وتوجه نحو المضايق الضيقة التى تفصل بينهما . ولم يعتبرها ممرات مائية عملية وعاد .

وبعد ذلك، اتضح أن المسار الشمالي الغربى كان مساراً غير عملى شأنه شأن المسار الشمالى الشرقى .

لكنه فى ذلك الوقت لم يكن يهم فى الحقيقة . فقد تدهورت أحوال أسبانيا والبرتغال إلى الدرجة التى لم تعودا تحتكران الممرات البحرية . وأى دولة كان يمكنها آنذاك عبور المحيط بحرية تامة . والحقيقة الواقعية هى أن الإنجليز والهولنديين يحتكران فيما بينهما حاليا معظم التجارة البحرية فى العالم .

الهوامش

(١) الحقيقة أنهم المماليك فى هذه الفترة (المراجع)

(٢) المقصود المماليك (المراجع)

(٣) جيمس كوك (١٧٢٨ - ١٧٧٩) : بحّار ورائد إنجليزى . تجول فى أوقيانا وقتل فى جزر سندوتش . المنجد فى اللغة والأعلام . (المترجم)

الفصل الثالث

المناطق الداخلية والقطبان

داخل أمريكا الشمالية

وبعد استقصاء البحث فى المسار الشمالى الشرقى والمسار الشمالى الغربى، وبعد أن استكشف الكابتن كوك المحيط الأطلنطى تكون بذلك الرحلات الاستكشافية الرئيسية قد انتهت ، وأصبح المحيط – والسواحل القارية – معروفًا ، فماذا عن المناطق داخل القارات ؟

كان السفر البرى ، رغم كل شيء ، أصعب من السفر البحرى ، فمن الممكن أن يوجد سكان معادون فى المناطق البرية (وهو أمر قائم بالفعل) ، فى حين لا يوجد سكان فى البحار . ولذلك السبب يكاد المرء يظن أن المستكشفين يفضلون استكشاف السواحل عن استكشاف المناطق الداخلية .

لكن الأمر لم يكن كذلك، فقد كان استكشاف المناطق الداخلية من القارات، فى بعض الحالات ، يتبعه النزول إلى الشواطئ . وكانت الرغبة التى دفعت بعض المستكشفين الأوائل قُدمًا ، على الرغم من المخاطر والفاقة ، هى الأمل فى وجود حضارات يمكن سلب ثرواتها أو بشر يمكن استرقاقهم سواء أكانوا متحضرين أم لا . كان هذا الهدف مغريًا ، حيث نجح هذا الهدف فى حالات قديمة بشكل يفوق التوقع .

أبحر جوان بون دى ليون Juan Ponce de Leon (١٤٦٠ – ١٥٢١) ، الذى كان يعمل فى تجارة الرقيق من بورتو ريكو Puerto Rico، إلى الاتجاه الشمالى الغربى فى الثالث من مارس ١٥١٣ ، بحثًا عن مزيد من العبيد. وقد وصل إلى منطقة من قارة أمريكا الشمالية خلال عيد الفصح ، وأطلق عليها فلوريدا Florida ("مزدهر") بسبب مظهرها المخضر والمزهر . ومع ذلك فلم يجن الكثير من تجارة الرقيق .

كان الأكثر حظا فى تجارة الرقيق هو هيرنادو كورتيه Hernando Cortes (١٤٨٥ - ١٥٤٧) ، الذى أبحر فى فبراير سنة ١٥١٩ من كوبا متجهًا إلى المكسيك ومعه إحدى عشرة سفينة تقل سبعمائة جندى . وفى المكسيك وجد حضارة الأزتك Aztec civilization وعاصمتها تينوكوتيتلان Tenochtitlan (فى الموقع الذى يسمى حاليا مكسيكو سيتى Mexico City) . كان بصحبة كورتيه عدد قليل من الرجال واجه بهم آلاف المقاتلين الشجعان الأقوياء . بيد أن كورتيه كان معه الخيول والمدافع ، وهى التى لم يرها الأزتك من قبل. والأكثر من ذلك ، كان الأزتك مشتتين ومقاومتهم ضعيفة ، بسبب إيمانهم الراسخ القديم بأن الأسبان آلهة .

فى ظل هذه الظروف، وجد الأسبان أن بإمكانهم تدمير حضارة الأزتك واستعباد الهنود الحمر والاستيلاء على ذهبهم وأى شىء آخر يجدونه ذا قيمة . ولم يكن ينتابهم وخز من الضمير لارتكاب هذه الأفعال فى تلك الأيام، خاصة وأن الأسبان كان لديهم شعور مريح بأن غير المسيحيين ليست لهم حقوق المسيحيين .

وفى السنوات التالية ، واصل كورتيه وآخرون استكشافهم للبلاد بحثًا عن مزيد من الذهب . وشاهد كورتيه بنفسه لأول مرة شبه الجزيرة التى تسمى حاليًا باجا Baja كاليفورنيا (السفلى) ، ومساحة المياه (خليج كاليفورنيا) التى تفصلها عن المكسيك .

وأدى نجاح كورتيه فى المكسيك إلى نشاط استكشافى لمسافة أبعد فى الشمال لمواصلة البحث عن مزيد من الذهب. استكشف بانفيلو دى نارفيز Panfilo de Narvaes (١٤٨٠ - ١٥٢٨) الشواطئ الشمالية من خليج المكسيك غرب كاليفورنيا ثم اتجه إلى داخل البلاد. ولم يجد ذهبًا وكان عليه أن يتكبد المشاق للعودة إلى الساحل . وهناك دشّن خمس سفن وحاول أن يبحر عبر خليج المكسيك، لكنه ضلّ الطريق أثناء عاصفة.

بيد أن المجموعة كلها لم تضل الطريق. فالبعض منهم تحت قيادة ألفار ننيز كابيزا دى فاكاAlvar Nunez Cabeza de Vaca (١٤٩٠ - ١٥٥٧) ، تحطمت سفينتهم فى المنطقة المعروفة حاليا بتكساس. وظل كابيزا سجينا قرابة ستة أشهر بواسطة الهنود الحمر ، لكنه استطاع فى النهاية الهرب واتجه برًا إلى مكسيكو سيتى فى سنة ١٥٢٦ .

وبمجرد أن عاد كابيزا حكى قصصاً رائعة عن مغامراته، ووصف قطعان الجاموس الكثيرة، وروّج إشاعات عن الثراء الفاحش الموجود فى الشمال.

وبدا ذلك مقنعا جدا، حيث لحق التخريب والدمار بحضارة أمريكية ثانية هى حضارة الأنكا Inca of Pero فى بيرو، قبل ذلك بعدة سنوات. فقد وصل فرانشيسكو بيزارو Francisco Pizarro (١٤٧٠ - ١٥٤١) سنة ١٥٣١ إلى بيرو، وفى خلال سنتين كرر الأعمال التى قام بها كروتيه .

تاق هيرانانو دو سوتو Hernando de Soto (١٥٠٠ - ١٥٤٢) ، الذى كان الرجل الثانى بعد بيزارو إلى قيادة حملة شمال فلوريدا بحثاً عن بيرو ذهبية أخرى . وقد نزل على الساحل الغربى لفلوريدا فى الخامس والعشرين من مايو ١٥٣٩ ويصحبته خمسمائة رجل ومائتا جواد ، وتقدم نحو الداخل ، وسافر عبر ما يطلق عليه حاليا الجنوب الشرقى للولايات المتحدة .

وفى ١٨ يونيو ١٥٤١، أصبح هو ورجاله أول أوروبيين يشاهدون نهر الميسيسبى Mississippi River ، الذى ربما يقع على بعد بضعة أميال جنوب مدينة تينسى ، المعروفة حاليا بممفيس Memphis . وعبرت الحملة النهر واتجهت غرباً ثم اتجهت جنوبا . ولم يجدوا ذهباً، لكنهم وجدوا عدداً كبيراً من الهنود الحمر المعادين. وفى ٢١ مايو ١٥٤٢، مات سوتو متأثرا بالحمى فى الوقت الذى وصلوا فيه إلى الميسيسبى مرة أخرى. ودفن دى سوتو فى النهر، وصنع بقية رجاله قوارب جابت بهم حتى مصب النهر ثم أبحروا عائدين إلى المكسيك .

وفى فترة متزامنة تقريبا، كانت هناك حملة أسبانية أخرى تستكشف ما يسمى حالياً جنوب غرب الولايات المتحدة بقيادة فراشيسكو فاسكوز دى كورونادوFrancisco Vasques de Coronado (١٥١٠ - ١٥٥٤) . فقد استمع هو أيضا إلى حكايات كابيزا دى فاكا، وفى المدة ما بين سنتى ١٥٤٠ و ١٥٤٢، قام هو ورجاله بالتوغل لمساحات شاسعة من تكساس والجنوب الغربى. وكانوا أول أوروبيين يشاهدون الأخدود العظيم Grand Canyon ، لكنهم أيضا لم يجدوا ذهبا .

وقام المستعمرون الإنجليز الذين نزلوا فى فيرجينيا وإنجلترا الجديدة فى أوائل القرن السابع عشر، والمستعمرون الهولنديون الذين نزلوا فيما يعرف حاليا بنيويورك،

باستكشاف مناطقها المجاورة. بيد أن أعمالهم قد زاد عليها الفرنسيون الذين كانوا لا يزالون في نفس الوقت مستقرين على طول ساحل نهر سانت لورنس في المنطقة المعروفة حاليا بكندا Canada .

اكتشف صمويل دى شامبلين Samuel de Champlain (١٥٦٧ - ١٦٣٥) الذى أسس الكويبك سنة ١٦٠٨ ، بحيرة شاملبين في السنة التالية ، وفى مناسبة أخرى قام بسفرة طويلة جهة الغرب. وفى سنة ١٦١٥ ، وصل إلى الخليج الجورجي Georgian Bay ، وهو الامتداد الشرقى لبحيرة هُرون Lake Huron . وقد كان أول أوروبى يصل إلى البحيرات العظمى Great Lakes .

فى سنة ١٦٤٣ ، عبر جين نيكولت Jean Nicolt (١٥٩٨ - ١٦٤٢) أحد أتباع شاملبين بحيرات هورن ومتشجن، وكان أول أوروبى يصل إلى ما يسمى حاليا بغرب الوسط الأمريكى American Middle West . وتبعه المبشرون اليسوعيون الذين كانوا يستهدفون تحويل الهنود الحمر إلى المسيحية .

وتبع أحد هؤلاء المبشرين، وهو جاكوز ماركويت Jacques Maruette (١٦٣٧ - ١٦٧٥) ومعه صائد فراء يدعى لويس جولييت Louis Jolliet (١٦٤٥ - ١٧٠٠) تقرير نيكولين عن وجود نهر غرب البحيرات العظمى . والبحيرات العظمى ، مع ذلك ، يمكن الوصول إليها بحراً من خليج سانت لورنس . فإذا كان هذا النهر يؤدى إلى الباسيفيكى ، فسوف يكون هناك ممر مائى عبر أمريكا الشمالية مع وجود مانع برى قصير بين البحيرات العظمى والنهر .

وفى ١٧ يونيو ١٦٧٣ ، وصلا إلى النهر، الذى تبين أنه الميسيسبى الأعلى ، وتتبعوه نحو المصب لمسافة ١١٠٠ كيلومتر ، وفى تلك المدة بات من الواضح لهم أنه يصب فى خليج المكسيك.

وتابع روبرت كافلير دى لا سال Robert Caveier (١٦٤٣ - ١٦٨٧) نهر الميسيسبى حتى مصبه سنة ١٦٨٢ .

وفى ثلاثينيات وأربعينيات القرن الثامن عشر، اتجه بطرس جوالتير دى لا فيريدرى Pierre Gaultier de La Verendrye (١٦٨٥ - ١٧٤٩) غربًا من بحيرة سوبيريور Lake Superior ووصل بحيرة ونتج Lake Winnipeg والتلال السوداء فى

ثاوس داكوتا. ووصل مستكشفان فرنسيان آخران هما بطرس وبول ماليت إلى ما يعرف حاليا بكولورادو Colorado وشاهدوا جبال روكى Rocky Mountains .

ونتيجة لهذه الاستكشافات، طالبت فرنسا بحقها فى وادى الميسيسبى كله . وفازت بريطانيا العظمى بالنصف الشرقى من الوادى سنة ١٧٦٣، بعد الحرب الهندية الفرنسية. وقد انتقلت ملكية هذا الوادى إلى الولايات المتحدة عندما حصلت على استقلالها فى سنة ١٧٨٣ ، وفى سنة ١٨٠٣ اشترت الولايات المتحدة النصف الشرقى.

فى تلك الفترة ، كان رئيس الولايات المتحدة هو توماس جيفرسون Thomas Jefferson (١٧٤٣ - ١٨٢٦) ، وخطط لاستكشاف المنطقة التى حصل عليها أخيراً . وقد أوكل المهمة إلى ميريوزر لويس Meriwether Lewis (١٧٧٤ - ١٨٠٩) ووليام كلارك William Clark (١٧٧٠ - ١٨٣٨) . وقد بدأت حملة لويس وكلارك من سانت لويس فى ١٤ مايو ١٨٠٤ ، وتتبعا منابع نهر الميسيسبى ، وعبرا جبال روكى ، وذهبا إلى "مقاطعة أوريجون" Oregon Territory ، التى لم تكن تابعة لأى دولة فى ذلك الحين . ثم تتبعوا نهر كولومبيا حتى المحيط الباسيفيكى، الذى وصلاه فى ١٥ نوفمبر ١٨٠٥ . وقاما بأول رحلة برية عبر ما يسمى حاليا الولايات المتحدة إلى المحيط الباسيفيكى (الهادى) ثم العودة .

وعلى أية حال فإن العمل البطولى قد وقع على كاهل ألكسندر ماكينزى Alexander Mackenzie (١٧٥٥ - ١٨٢٠) قبل غيره ، وهو مهاجر أسكتلندى وصل كندا ، وأقام فيما يعرف حاليا بألبرت، وتتبع ما يطلق عليه حاليا نهر ماكينزى حتى مصبه فى المحيط القطبى الشمالى فى سنة ١٧٨٩ . وفى سنة ١٧٩٣ ، عبر جبال روكى إلى المحيط الباسيفيكى فى المنطقة التى تسمى حالياً بكولومبيا البريطانية British Columbia .

داخل أمريكا الجنوبية وأستراليا

بعد أن أنشأ الأسبان مستعمرات على السواحل الشمالية والغربية والجنوبية الشرقية ، وبعد أن أنشأ البرتغاليون مستعمرات على الشواطئ الشمالية الشرقية ، قاموا بالتوغل نحو الداخل مسافة كبيرة بحثاً عن الذهب والعبيد والأرض ، ولتحويل السكان الأصليين إلى المسيحية .

كانت إحدى الرحلات الاستكشافية العظيمة هي التي قام بها فرانسيسكو دي أورلانا Francisco de Orellana (١٤٩٠ - ١٥٤٦) ، الذي كان ضمن جماعة بيزارو التي غزت بيرو . قاد بيزارو حملة لاستكشاف الأراضي الواقعة شرق ممتلكات الأنكا ، وعندما وصل أورلانا إلى منابع نهر كبير، شعر بأن من الأسهل له الاستمرار في الاستكشاف عن العودة عبر سلسلة جبال الإنديز ، التي كان قد قطعها من قبل في رحلته جهة الشرق .

ومن أبريل سنة ١٥٤١ حتى أغسطس ١٥٤٢ ، استمر في حملته في اتجاه مصب النهر ، والذي من المصادفة ، يعتبر إلى حد بعيد النهر الأكبر في العالم من حيث حجم مياهه. وذكر في تقريره القبائل التي تتزعمها النساء. وتشبه الأمازونيات، النساء المحاربات في الأساطير الإغريقية ، وسمي النهر بنهر الأمازون Amazon River . ونظم أورلانا حملة ثانية إلى الأمازون، بيد أن هذه الحملة كانت بمثابة كارثة . فقد غرقت السفن ومات أورلانا بالقرب من مصب النهر الذي استكشفه .

على الرغم من رحلة أورلانا الاستكشافية لم تستطع أسبانيا أن تثبت حقها في وادي الأمازون . فقد انتقل المستوطنون البرتغال في الساحل البرازيلي ، وخاصة في منطقة ساو باولو نحو الغرب . وفي النهاية أصبح نصف أمريكا الجنوبية بما فيها منطقة الأمازون كلها جزءاً من البرازيل .

وفي أستراليا ، تعرف حالياً أول مستوطنات كبيرة نشأت على الساحل الجنوبي الشرقي نيو ساوث ويلز، حيث تأسست مدينة سيدني في سنة ١٧٨٨ . وكان أول مهاجرين للمنطقة من السجناء الذين نقلوا إلى هناك عقابا لهم - وكان العديد منهم سجناء سياسيين بالإضافة إلى المجرمين ، وبعد ذلك تبعهم المهاجرون المتطوعون .

بدأ ويليام شارلس وينترانج William Charles Wentworth (١٧٩٣ - ١٨٧٢) استكشاف المناطق الداخلية ، إذ شق طريقه سنة ١٨١٣ عبر السلاسل الجبلية الواقعة على بعد ١٠٠ كيلومتر غرب سيدني . واكتشف شارلس ستورت Charles Sturt (١٧٩٥ - ١٨٦٩) نهر دارلنج Darling River (الذي سمي باسم رالف دارلنج الحاكم العام لنيو ساوث ويلز ، الذي خدمه دارلنج كسكرتير له) ، وقد تتبع النهر حتى مصبه .

اســتكشف إدوارد جــون إير Edward John Eyre (١٨١٥ - ١٩٠١) المناطق الصحراوية شرقى أستراليا فى أوائل أربعينيات القرن التاسع عشر، لكنه لم يستطع الوصول إلى المناطق الوسطى من القارة أكثر مما قام به ستورت.

كان أحد زملاء ستورت فى عمليات الاستكشاف هو جون ماكدوال ستيوارت John McDouall (١٨١٨ - ١٨٦٦) ، وقد قام بست محاولات للوصول إلى المنطقة الوسطى، ونجح سنة ١٨٦٠ ، بعد ذلك قام فى رحلته السادسة والأخيرة بعبور القارة الأسترالية من الجنوب إلى الشمال.

داخل أفريقيا

أفريقيا هى بحث فى أوجه الاختلاف ؛ فالركن الشمالى الشرقى (مصر) يمثل إحدى حضارتين قديمتين فى العالم. وشمال أفريقيا، بوجه عام، كان جزءًا مكملا لثقافة البحر المتوسط ، وجزءا من الإمبراطورية الرومانية أولاً، وجزءا من العالم الإسلامى بعد ذلك. وعلى الرغم من هذا، فكل ما يقع جنوب شمال أفريقيا الرومانية ظل يجهله الأوروبيون حتى العصور الحديثة.

والصحراء الكبرى Sahara Desert هى السبب فى هذا ، فحزامها العريض من الخلاء القاحل، كان يمثل عائقا أمام المستكشف الأوروبى تمامًا مثلما كانت تمثل سلسلة جبلية .

ومن زمن هنرى الملاح، أصبح الساحل الأفريقى معروفا- حتى قبل سواحل أمريكا أو سواحل أستراليا . وعلى الرغم من هذا، كان قلب أفريقيا آخر المناطق المسكونة التى تم استكشافها بصورة ناجحة. فمناخها وحيواناتها الشرسة (سواء كانت ثدييات كبيرة أم حشرات صغيرة) وسكانها غلاظ الطباع ، تجمَّع كل هذا ليجعل من أفريقيا "القارة السوداء."

وكانت الأنهار الكبرى بالطبع هى المدخل لأفريقيا . فهناك على سبيل المثال ، نهر النيجر Niger River الذى يصب فى خليج غينيا على الساحل الجنوبى من النتوء الغربى لأفريقيا(المعروف ببطن أفريقيا) . ومضت أكثر من ثلاثة قرون ونصف القرن حتى أصبح مصبه معروفًا تمامًا، وظلت الأراضى الداخلية المحيطة به يكتنفها الغموض .

كان أول مستكشـف أوروبـي للنيجـر هـو منجـو بـارك Mungo Park (١٧٧١ – ١٨٠٦) وبين سـنة ١٧٩٥ وسـنة ١٧٩٧ ، صعـد فى نهـر جامبيـا على السـاحـل الغربى للنتوء الأفريقى ، ثم شق طريقه براً إلى مجرى النيجر الأعلى فيما يسمى حاليا بمالى . بعد ذلك شق طريقه إلى النيجر ، مرة بالإبحار فى النهر نفسه ومرة تتبّعه براً . وفى أثنـاء كل هـذا ، سـجنه العرب فى إحدى النقاط لمدة أربعة أشهر، وفى النهاية كاد يموت من الحمى. وانتهت محاولة ثانية لتغطية مسار استكشافاته فى سنة ١٨٠٥ بكارثـة . فقـد هاجم الأفارقـة جماعة بارك فى المنطقة التى تسمى حاليًا نيجيريا، وغرق بارك.

ووصلت جماعة استكشافية أخرى تحت قيادة رجل أسكتلندى هو هج كلابرتون Hugh Clapperton (١٧٨٨ – ١٨٢٧) إلى أراضى شـمال نيـجيـريا . بدأت الحملة من طرابلس الواقعة على ساحل البحر المتوسط سنة ١٨٢٢ ، واتجهت جنوبًا عبر الصحراء الكبرى. وكان السود والعرب يقومون بمثل هذه الرحلات كثيراً فى قوافل تجارية ، لكن كانت هذه هى المرة الأولى التى يقوم فيها بهذا العمل أوروبيون محدثون .

وفى أوائل سنة ١٨٢٣ ، كانت مـجمـوعـة كلابرتون أول مـجمـوعة أوروبيـة ترى بحيرة تشاد، فى الركن الشمالى الشرقى من نيجيريا. وكانت البحيرة هى التى قامت حولها إمبراطوريات الشعوب السوداء فى العصور الماضية ، وظل كل هذا مجهولا بالنسبة للمؤرخين الأوروبيين. واستكشف كلابرتون شـمال نيجيريا، وعـاد بروايـة عن كشـوفـه . ومع ذلك ، فإنه مثل بارك شارك فى حملة كشفية ثانية إلى نيجيريا وتوفى هناك .

وواصل العمل زميل كلابرتون، ريتشارد ليمـون لاندرRichard Lemon Lander (١٨٠٤ – ١٨٣٤) . وفى حوالى سنة ١٨٣١ قام برسم خريطة لمجرى نهر النيجـر، وتوفى أيضا هناك أثناء حملته الكشفية الثانية .

وكان أول أوروبى يزور تمبتكو ، وهى المركز التجارى شبه الأسطورى لشعوب غرب أفريقيا السوداء ، والمدينة الإمبريالية المركزية لوسط النيجر (لكنها تدهورت تماما فى الوقت الحالى) ، هو المستكشف الأسكتلندى ألكسندر جوردون لاينج Alexander

Gordon Laing (١٧٩٣ - ١٨٢٦) ، الذى وصلها فى ١٨ أغسطس ١٨٢٦ ، بعد أن جرح فى مناوشة ، وقتل بعد يومين من مغادرته المدينة .

وكان أكثر الأوروبيين حظا، هو المستكشف الفرنسى رينيه أوجست كاليه Rene August Calillie (١٧٩٩ - ١٨٣٨) ، الذى وصل تمبتكو فى ٢٠ إبريل ١٨٢٨ . وكان سبب نجاحه دراسته لتعاليم الإسلام وتعلمه اللغة العربية، حيث استطاع أن يخفى نفسه فى هيئة عربى ويلتحق بقافلة مسافرة من مصر إلى المدينة ، ثم التحق بقافلة أخرى رحلت من المدينة إلى المغرب . وقد واجهته عدة صعوبات منها خمسة أشهر قضاها مريضاً .

وخلال نصف القرن التالى ، استنتج عدة مستكشفين التفاصيل الجغرافية لغرب أفريقيا .

كانت منابع النيل هى المناطق الأكثر غموضا والمثيرة للاهتمام فى القارة الأفريقية . رحل المصريون القدماء صوب منابع النهر مسافة ٢٥٠٠ كيلومتر أثناء علوهم الإمبريالى الناجح ، ولم يجدوا أية أدلة على نهاية النهر .

وكان أول أوروبى يبحر صاعداً فى النيل هو الرحالة الإنجليزى رتشارد بوكوك Richard Pococke (١٧٠٦ - ١٧٦٥) ، الذى اتجه نحو منابع النهر إلى ما يسمى حاليا بأسوان فى جنوب مصر فى أواخر ثلاثينيات القرن الثامن عشر . وفى سنة ١٧٧٠ ، رحل المستكشف الأسكتلندى جيمس بروس James Bruce (١٧٠٦ - ١٧٦٥) صوب منابع النيل إلى الخرطوم فى السودان حيث يلتقى النهران هناك . وقد رحل فى النهر القادم من الشرق ، وهو النهر المعروف حاليا بالنيل الأزرق Blue Nile .

وقد وصل به هذا إلى ما يسمى حاليا بغرب أثيوبيا . وقد وجد منابع النيل الأزرق فى بحيرة تانا ، وتصور أن المشكلة قد حلت. إلا أنه كان مخطئًا . فقد كان هناك النيل الأبيض الواقع إلى الغرب منه (وكان هو فى أثيوبيا) ولم يكن قد تتبع مجراه (إلى الجنوب) ، وكان هذا النهر هو المجرى الرئيسى للنيل ، وكان منبعه لا يزال غامضا .

وقد جلب تجار الرقيق العرب معهم حكايات عن البحيرات العظمى الموجودة فى شرق أفريقيا ، وبدا لبعض المستكشفين الأوروبيين أن تلك البحيرات قد تكون مصدر النيل الأبيض (مفترضين أن البحيرات موجودة بالفعل) .

وقد بدأ تلك الاستكشافات كل من ريتشارد فرانسيس برتون Richard Francis Burton (١٨٢١ - ١٨٩٠) ، الذى حظى مؤخراً بشهرة عظيمة كمترجم لرواية *ألف ليلة وليلة*، وجون هاننج سبيك John Hanning Speke (١٨٢٧ - ١٨٦٤) .

ومثل كاليبه درس برتون اللغة العربية واستطاع (متخفيا) أن يزور المدينة الإسلامية المقدسة، مكة، فى سنة ١٨٣٣ . وكان أول أوروبى يهرّب رسومات وقياسات عن مبنى الكعبة. بعد ذلك ذهب إلى شرق أفريقيا فى سنة ١٨٥٤ . ومرة أخرى (متخفيا) دخل المدينة الأثيوبية المقدسة هرر، وكان أول أوروبى يغادر المدينة بأمان بعد أن دخلها.

فى سنة ١٨٥٧ ، بدأ هو وسبيك محاولتهما الثانية لاكتشاف منابع النيل من زنزبار(زنجبار) فى ساحل شرق أفريقيا، وعبرا ما يسمى حاليًا تانزانيا ، وفى فبراير ١٨٥٨ ، وصلا بحيرة تانجانيقا ، وهى البحيرة الطويلة الضيقة التى تقع على الحدود الغربية لتنزانيا ، وتبعد ١٠٠٠ كيلومتر داخل البلاد من الساحل الشرقى لأفريقيا .

واختلف سبيك وبرتون حول هذه النقطة. شعر سبيك أن منبع النيل يمكن اكتشافه إذا ما تم البحث عن بحيرات أخرى. ولم يوافقه برتون على ذلك ، وافترق الاثنان. وسافر سبيك شمالا ، وفى ٣٠ يوليو ١٨٥٨ ، وصل إلى أكبر بحيرة فى أفريقيا، والتى أطلق عليها بحيرة فكتوريا Lake Victoria . وقد شعر بأن هذه البحيرة قد تكون منبعا للنيل ، وفى حملة كشفية أخيرة فى ٢٨ يوليو ١٨٢٦ ، قام برسم مخرج النيل من البحيرة. وبالحساب من منابع أطول جدول ينساب فى بحيرة فكتوريا ، **ثبت أن طول نهر النيل ٦٧٣٨ كيلومترا ، وبذلك يعتبر أطول أنهار العالم** .

والمستكشف الذى حقق أفضل النجاحات فى كشف أفريقيا، وأكثر من حاز شهرة على مستوى العالم هو مبشر أسكتلندى يدعى دافيد لفينجستون David Livingstone (١٨١٣ - ١٨٧٣) . فقد وصل إلى كيب تاون سنة ١٨٤١ ، واتجه شمالا فى محاولة لتنصير السود . (وقد حاجّ أيضا فى معاملة المستوطنين البيض الرقيقة لهم). (*) ورحل لمسافة أبعد نحو الشمال من أى أوروبى سبقه، وكان أول أوروبى يستكشف صحراء كلهارى Kalahari Desert فيما يعرف حاليا بوتسوانا Botswana .

(*) المقصود شكّ فيها .

كان لفينجستون ينوى التوغل بعيدا داخل أفريقيا، وأن يفتح القارة على المدنية والتجارة، بدلا من تركها للمصالح الخاصة لتجار الرقيق. وقد كان يعنى هذا أنه لا يواجه المهالك الطبيعية فى البيئة الأفريقية فقط، بل يواجه أيضا العداوة الدائمة بين البوير والبرتغاليين. وفى سنتى ١٨٥٥ و١٨٥٦ ، قام بجولة عبر أفريقيا شمال صحراء كلهارى ، حيث وصل إلى لواندا على ساحل شمال أنجولا ، ثم اتجه شرقا إلى نهر الزمبيزى والمحيط الهندى . وكان أول أوروبى يعبر أفريقيا براً من الاتجاه الشرقى - الغربى ، على الرغم من أنه قام بهذا من الجنوب ، حيث كان عرض القارة الأفريقية لا يزيد عن ٣٠٠٠ كيلومتر . وعلى طول مجرى نهر الزمبيزى اكتشف شلالاً يبلغ ارتفاعه ضعف شلالات نياجرا ، وأطلق عليه شلالات فكتوريا Victoria Falls .

وفى حملة كشفية ثانية لأفريقيا ، من سنة ١٨٥٨ إلى سنة ١٨٦٤ ، قام باستكشاف منطقة نهر الزمبيزى ، حيث واجهته صعوبات جمة . وفى حملة كشفية ثالثة ، من سنة ١٨٦٦ إلى سنة ١٨٧٣ ، اتجه نحو البحيرة الوطنية lake country ، وفى ٢٩ مارس ١٨٧١ ، وصل نهر الكونغو الأعلى، الذى يبعد ٣٧٥ كيلو مترا غرب بحيرة تانجانيقا .

وفى ذلك الحين ، غاب عن أنظار أوروبا ، وكذلك غابت شهرته لدرجة أن أصبح هناك قلق متزايد حول احتمال موته .

أرسلت النيويورك هيرالد ، وهى من الصحف الذائعة الصيت ، أحد مخبريها الصحفيين ، وهو هنرى مورتون ستانلى Henry Morton Stanley ، المولود فى ويلز (١٨٤١ - ١٩٠٤) إلى أفريقيا للبحث عن لفينجستون . نزل ستانلى فى زنزبار (زنجبار) فى ٦ يناير ١٨٧١، وتوجه إلى الداخل عن طريق قافلة مجهزة بصورة جيدة . وقد وجد لفينجستون فى يوجيجى فى الساحل الشرقى لبحيرة تانجانيقا ، التى تبعد ١١٠٠ كيلومتر غرب زنزبار (زنجبار) ، وحياه التحية الإنجليزية الواجبة ، وقال : أظن أنك دكتور لفينجستون ؟ ، مع أنه الأوروبى الوحيد داخل ألف كيلومتر ، ولا يمكن أن يكون أحداً آخر .

أحضر ستانلى الأدوية والمؤن المطلوبة ، لكن لفينجستون مات بعد سنة ونصف، وأخذ ستانلى على عاتقه مهمة الاستكشاف .

فى سنة ١٨٧٦ ، ذهب إلى البحيرة الوطنية ، ودار حول بحيرة فكتوريا . وسار قدما نحو النقطة الواقعة فى أقصى الغرب التى وصلها لفينجستون وتتبع النهر حتى المحيط الأطلنطى ، وبذلك قام برسم خريطة لمجرى نهر الكونغو .

وفى حملته الكشفية الأخيرة، قام بإيضاح الشكوك الباقية المتعلقة بمنطقة البحيرة، وفى سنة ١٨٨٩ ، اكتشف جبل رونزورى ، الواقع على الحدود بين أوغندا وزائير وبحيرة ألبرت وبحيرة إدوارد على الجانب الآخر .

القطاع الشرقى من الدائرة القطبية الشمالية

بحلول سنة ١٨٨٠ ، تم رسم صورة تقريبية لكل المناطق الداخلية للقارات الواقعة فى المناطق المدارية والمعتدلة – حتى أفريقيا – ولم يتبق سوى التفاصيل .

وكانت المناطق الرئيسية من الأرض التى ظلت مجهولة كثيراً هى المناطق القطبية. وكان هناك نشاط استكشافى أكبر حتى من مثيله داخل أفريقيا .

صحيح ، كانت الدوافع وراء استكشاف المناطق القطبية مختلفة فى طبيعتها عن تلك الدوافع التى شجعت على البحث فى بقية سطح الأرض . ولم تكن فى المناطق القطبية حضارات تكتشف ، ولم توجد ثروات عظيمة القيمة . ومع غياب أى أمل فى وجود ممر شمالى شرقى عملى ، أو ممر شمالى غربى ، فلم يكن هناك احتمال حتى أن تلعب هذه الممرات دورا مهما كطريق تجارى .

ومع ذلك فقد لاح فى الأفق شىء جديد ، قديم فى الوقت نفسه ، لم يكن هذا الشىء سوى **الفضول الإنسانى والرغبة فى المعرفة ، ولا شىء سوى المعرفة** .

لم تكن تستهدف أول حملة كشفية للدائرة القطبية الشمالية سوى زيادة المعرفة، وقامت روسيا بتمويلها . فقد امتدت هذه الدولة فوق ربوع سيبيريا ، ووصلت أراضيها شمالا إلى المناطق التى يكسوها الجليد. كانت روسيا ترغب فى معرفة مدى امتداد ممتلكاتها، وعلى وجه الخصوص ، كان هناك سؤال يتعلق بما إذا كانت آسيا فى أقصى أطرافها الشرقية متصلة بأمريكا الشمالية عن طريق معبر برى. وديزنيف Dezhnev الذى وصل إلى تلك النقطة الشرقية القصوى من الدائرة القطبية الشمالية ، قال إنه لا يوجد معبر برى، فهل كان محقًا ؟

عهد القيصر الروسى بطرس الأكبر Peter the Great فى أواخر أيامه إلى ملاّح دنمركى كان يعمل فى روسيا وهو الملاح فيتوس جوناسين بيرنج Vitus Jonassen Bering (١٦٨١ – ١٧٤١) للقيام بالمهمة . وفى سنة ١٧٢٤، سافر بيرنج برًا لمسافة ٨٠٠٠ كيلومتر من العاصمة الروسية بطرسبرج الواقعة على البحر البلطى إلى كمتشتكا ، وهى شبه جزيرة كبيرة تبرز جنوبًا من أقصى شرق سيبيريا . وهناك صنع السفن وبدأ حملة كشفية بحرية متتبعًا ساحل كمتشتكا شمالا حتى وصل الطرف الشرقى من سيبيريا . وظهر أن ديزنيف كان محقًا ، فقد كانت هناك مياه بين آسيا وأمريكا الشمالية ، ذلك الممر المائى المعروف حاليًا بمضيق بيرنج Bering Strait .

وفى رحلة أخيرة رسم بيرنج أجزاء الساحل الشمالى لسيبيريا، واستكشف أيضا البحر الواقع فى جنوب مضيق بيرنج. واكتشف جزر ألوتيان Aleutian Islands التى تنحنى عبر الطرف الجنوبى لبحر بيرنج فى قوس كبير .

ونزل بيرنج أيضا فى شمال القارة الأمريكية فى سنة ١٧٤١ ، وكان أول أوروبى يصل ما يعرف حاليا بألاسكا Alaska . وعلى أساس اكتشافات بيرنج طالبت روسيا بحقها واحتلت جزر ألوتيان وألاسكا، والتى تمسكت بهما إلى أن باعتهما إلى الولايات المتحدة سنة ١٨٦٧ . واستكشف الروس ألاسكا خلال فترة احتلالهم ، ووصلوا إلى بوينت بيرنج Point Bering ، التى تعتبر أقصى نقطة شمالية من ألاسكا. وبوينت برو ، التى تقع على خط عرض ٧١,٢٦ درجة شمالا ، تعتبر أكثر شمالية قليلا عن الرأس الشمالى North Cape ، التى تعتبر أقصى نقطة شمالية فى قارة أوروبا وتقع على خط عرض ٧١,١٧ درجة شمالا .

واستكشف الروس أيضا جنوبًا حتى وصلوا إلى منطقة سان فرانسيسكو، التى وصلها الأسبان من الجنوب ، ولذا تعاونت الدولتان فى استكمال رسم خريطة للساحل الغربى للأمريكتين .

واستكشف آخرون بخلاف بيرنج الساحل السيبيرى. فتحت قيادة س. تشليوسكين S. Chelyuskin استطاعت إحدى الحملات الكشفية الروسية مؤخرًا سنة ١٧٤٣ ، أن تبحر حول شبه جزيرة تايمير Taimyr Peninsula ، التى تبرز شمالا من وسط الساحل السيبيرى وتحاط بالجليد طوال العام. ولم تستطع السفن المرور حول تايمير خلال

الجليد، لكن شيلوسكين دار حولها بواسطة الزحافة، وسميت أقصى نقطة شمالية من شبه الجزيرة برأس شيلوسكين Cape Chelyuskin تكريما له .

تقع رأس شيلوسكين على خط عرض ٧٧,٧٥ درجة شمالاً ، وتعتبر أبعد شمالا من بوينت برو فى ألاسكا أو الرأس الشمالى فى أوروبا . فهى لا تبعد أكثر من ٩٠٠ كيلومتر جنوب القطب الشمالى North Pole ، وهى أبعد الأراضى شمالية من المناطق القارية فى العالم .

وحتى ذلك الحين ، بدا من المعقول افتراض أنه لا توجد قارات تمتد حتى القطب ، لكنه ربما توجد جزر أبعد شمالا . وظل نتيجة لذلك احتمال أن يكون القطب الشمالى واقعا على اليابسة .

وقد اكتشفت بعض الجزر بالفعل شمال الساحل السيبيرى فى القرن ونصف الذى أعقب إنجاز تشلوسكين . ومن هذه الجزر، تعتبر الأرض الأكثر شمالاً هى جزيرة رودلفا Rudolfa Island ، الواقعة فى المحيط القطبى الشمالى ، وتبعد ١٩٦٠ كيلومترا شمال أرخانجلسك ، وهى تبعد حوالى ٧٥ كيلومترا شمالا من الشاطئ الأقصى شمال سبتسبرجن ، وتبعد فقط ٥٥٠ كيلومترا عن القطب الشمالى .

جزيرة رودلفا هى إحدى مجموعة جزر اكتشفها المستكشف النمساوى جوليوس فون باير Julius von Payer (١٨٤٢ - ١٩١٥) ، وكارل وايربخت Karl Weyprecht (١٨٣٨ - ١٨٨٨) فى سنة ١٨٧٣ - وقد أطلق عليها أرض فرانس جوزيف Franz Josef Land على اسم الإمبراطور النمساوى ، وتشمل المجموعة الأجزاء الأكثر شمالية من الأراضى الواقعة فى نصف الكرة الأرضية الشرقى ، على الرغم من أنه فى سنة ١٨٧٣ ، لم يكن أحد متأكداً بعد من ذلك بطبيعة الحال .

القطاع الغربى من المنطقة القطبية الشمالية

كان هناك احتمال أن تكون الأرض ممتدة أبعد شمالا فى نصف الكرة الغربى عن نصفها الشرقى . وبدت الجزر التى تشكل أرخبيلاً كبيراً شمال كندا ، وهى غالبًا جزيرة جرينلند العملاقة ، موحية بالأمل فى هذا الخصوص .

كانت الحكومة البريطانية التى سيطرت على كندا مهتمة بمعرفة تفاصيل أملاكها القطبية الشمالية . قام المستكشفان ، جون روس John Ross (١٧٧٧ - ١٨٥٦) ويليام إدوارد بارى William Edward Parry (١٧٧٩ - ١٨٥٥) معا وفرادى بحملات كشفية اتجهت إلى جزر الأرخبيل الكندى. روس وبارى قاما بمشاهدة كل الجزر الرئيسية تقريبا مع حلول سنة ١٨٣٣ ، لكنهما لم يدخلا الأرخبيل فى البحر المغطى بالثلوج المؤدى إلى مضيق بيرنج وآسيا .

وفى سنة ١٨٣٣ ، استكشف روس شواطئ خليج بوثيا (المعروف باسم فليكس بوث Flelix Booth ، وهو تاجر الخمور الذى موّل الحملة) . وكان الشاطئ الغربى هو شبه جزيرة بوثيا ، والتى كما تبين تمثل البقعة الأكثر شمالا من أمريكا الشمالية . وتقع أقصى أطرافها (التى اكتشفها فى سنة ١٨٤٧ ، المستكشف الأسكتلندى جون راى John Rae (١٨١٣ - ١٨٩٣) ، على خط عرض ٧١,٧٤ شمالا ، وأبعد حوالى ٦٠ كيلومترا شمالا من بوينت برو ، لكنها أقصر بمسافة ٢٦٥ كيلومتراً من علامة رأس شليوسكين .

وقام بالمحاولة التالية المستكشف الإنجليزى جون فرانكلين John Franklin (١٧٨٦ - ١٨٤٧) . فعندما قام بالاستكشاف براً فى البداية، رسم خريطة لمعظم الساحل القطبى لكندا بين سنة ١٨٢٠ وسنة ١٨٢٥ . وفى سنة ١٨٤٥ ، قام بعملية الاستكشاف بطريق البحر ، وقد كانت تتوافر لديه التكنولوجيا ، حيث استخدم السفن البخارية بدلاً من البواخر الشراعية ، وكانت كبائن السفن مكيفة مركزياً بالهواء . بيد أنه خلال الحملة الكشفية اختفى هو ورجاله وسفنه .

وانطلقت حملات كشفية أخرى للبحث عنهم-أربعون حملة كشفية خلال أربع عشرة سنة . واكتشفت آثار الحملة فى سنة ١٨٥٣ . وأثناء عمليات البحث هذه ، تم وضع الأجزاء الباقية من الأرخبيل الكندى فى موقعها على الخريطة .

وخلال البحث ، اجتاز ضابط بحرى بريطانى هو روبرت جون ماكلور Robert John McClure (١٨٠٧ - ١٨٧٣) مضيق بيرنج شمالا فى سنة ١٨٥٠ ، ثم أبحر شرقا . وقد عثر على الجزيرة الواقعة فى أقصى الشرق من الأرخبيل حيث اضطر إلى التخلى عن سفينته . ومع ذلك ، أضافت رحلة ماكلور لما تم عمله فى الشرق ، إذ أكملت رسم المسار الشمالى الغربى . ولم يستطع أحد أن يمر خلاله كلية ، إلى أن أكمل

المستكشف النرويجى روالد أمندسن Roald Amundsen (١٨٧٢ - ١٩٢٨) العمل بطريقة متأنية بين سنة ١٩٠٣ وسنة ١٩٠٦

والجزيرة الموجودة فى أقصى شمال الأرخبيل الكندى هى جزيرة ألسمير Eles-mere Island ، والتى سميت سنة ١٨٥٢ على اسم عضو فى البرلمان البريطانى هو فرانسيس إجرتون ، إيرل ألسمير ، وتبعد هذه الجزيرة عن الساحل الشمالى الغربى لجرينلند خلال منطقة ضيقة من المياه لا يزيد اتساعها عن ١٠ كيلومترات .

كان المستكشف الأمريكى ، إليشا كنت كين Elisha Kent Kane (١٨٢٠ - ١٨٥٧) أول من يقترب من هذا المضيق الضيق (الواقع بين جرينلند وجزيرة ألسمير) سنة ١٨٥٥ . وقد وصل إلى نقطة تقع على خط عرض ٨٠,٦ درجة شمالا قبل أن يمنعه الجليد من مواصلة تقدمه . وكان هذا تقريبا على مستوى النقاط الأرضية الأقصى شمالا من نصف الكرة الأرضية الشرقى، ومع ذلك يبدو أن كُلاً من جزيرة ألسمير وجرينلند ممتدتان بعيدا نحو الشمال .

فى سنة ١٨٧١ ، استطاع مستكشف أمريكى آخر ، شارلس فرانسيس هول Charles Francis Hall (١٨٢١ - ١٨٧١) أن يشق طريقه بين جزر ألسمير وجرينلند ، وكانت لا تزال هناك أراض أبعد فى الشمال . ولم يكن قبل سنة ١٩٠٧ ، حتى استطاع المستكشف الدنمركى ، لودفيج مليوس - إيرشسن Ludvig Mylius-Erichsen (١٨٧٢ - ١٩٠٧) أن يصل إلى هذا البعد شمالا حتى الساحل الشرقى (الأكثر تجمدا) من جرينلند ، وقد وافته المنية أثناء الرحلة .

فى تلك الأثناء ، بدأ المستكشفون استكشاف الأجزاء الداخلية من جرينلند .

وتم أول كشف حقيقى من الساحل فى سنة ١٨٧٨ ، عندما توغل المستكشف الدنمركى جينز. أ.د. جينسن Jens A.D. Jensen (١٨٤٩ - ١٩٣٦) مسافة ٧٠ كيلومترا نحو الداخل ، حيث بلغ ارتفاعا جليدياً نحو ١,٥ كيلومترا فوق منسوب سطح البحر . وبات من الواضح أن المناطق الداخلية لجرينلند كلها ، عبارة عن مساحة تبلغ ثلاثة أمثال مساحة تكساس ، ولابد أنها كانت مغطاة بغطاء جليدى سميك ، وقد أكدت على ذلك جميع الاستكشافات التى تمت فيما بعد .

استطاع المستكشف النرويجى فتزجوف نانسن Fridtjof Nansen (١٨٦١ – ١٩٣٠) سنة ١٨٨٨ أن يعبر فى النهاية جرينلند من شرقها إلى غربها مرتدياً حذاءً واقياً من الجليد وزلاقات . وقد قام بذلك عند خط يبعد جنوباً بعض الشىء عن الدائرة القطبية الشمالية ، حيث كان يصل عرض جرينلند فى هذه المنطقة حوالى ٥٢٠ كيلومترا . وكما كان متوقعا، وجد الغطاء الجليدى لم يتكسر ، وفى إحدى النقاط أثناء الرحلة وجد نفسه على ارتفاع ٢,٧ كيلو متر من منسوب سطح البحر .

فى سنة ١٨٩٢ ، استكشف المستكشف الأمريكى روبرت إدوين برى Robert Edwin Peary (١٨٥٦ – ١٩٢٠) الغطاء الجليدى لجرينلند جهة الشمال ، ووجد أن حدود امتداده تنتهى عند خط عرض ٨٢ درجة شمالا . وكانت الأراضى الواقعة أبعد شمالا ، أراضى قاحلة وجرداء ، تعرف حالياً برى لاند Peary Land ، ومن خلال هذه المعلومة ، اكتشف على الفور أن المناطق الممتدة فى الشمال الأقصى من جزيرة ألسمير وجرينلند لا يصل أى منهما إلى القطب الشمالى .

وتقع أقصى نقطة شمالية من جزيرة ألسمير (رأس كولومبيا) على خط عرض ٨٣ درجة شمالا ، والتى تعتبر أقرب من رأس شيلوسكين للقطب الشمالى بمسافة ٢٣٥ كيلومترا . وبالنسبة لجرينلند ، فإن أقصى نقاطها الشمالية عند الطرف الشمالى من لاند برى ، هى رأس موريس جيسب Cape Morris Jesup (التى سميت على اسم الممول الأمريكى الذى أنفق على الحملات الكشفية القطبية الشمالية) . وتقع رأس موريس جيسب على خط عرض ٨٣,٦٣ درجة شمالا ، وأبعد حوالى ٢٥ كيلومترا شمالا عن رأس كولومبيا Cape Columbia .

وكما اتضح ، فإن رأس موريس جيسب تتميز بأنها قطعة الأرض الأقصى شمالا فى العالم ، إذ لا تبعد عن القطب الشمالى سوى مسافة كيلومتر .

وبطبيعة الحال ، لم يكن أحد متأكداً فى البداية من وجود أراض أبعد من رأس موريس جيسب Cape Morris Jesup . وربما توجد جزر كبيرة عند أية نقطة حتى القطب الشمالى نفسه ، وقد كان هناك بعض الاهتمام العلمى فى الاستكشاف . بالإضافة إلى ذلك، كان هناك شىء يشبه الهوس – ألا وهو الرغبة فى تحطيم الأرقام القياسية . وقد كان السؤال : مَن هو أول من يصل القطب الشمالى ليفوز بلقب الشرف والخلود .

ومنذ أن استنتج الإغريق القدماء أن الأرض لابد أن تكون كروية، فقد فُطِن إلى أن كل الاتجاهات شمالا يجب أن تنتهى عند نقطة – أى أن الأرض تدور حول محور يمتد من هذه النقطة الأقصى شمالا خلال مركز الأرض إلى أقصى نقطة جنوبية . هذان التقاطعان لخط المحور مع سطح الأرض هما القطب الشمالى والقطب الجنوبى .

مثلت هذه النقاط حداً أقصى، وكانت نتيجة لذلك، مهمة فى حد ذاتها ، غير أن الجليد والطقس السيء المحيط بهما جعل هذا الإنجاز من الأمور الصعبة التحقيق ، ولا يتم إلا على حساب حياة الإنسان . وجعل ذلك من المهمة أكثر إغراءً لبعض المغامرين .

قام نانسن Nansen بأول محاولة جادة للوصول إلى القطب الشمالى North Pole، إذ قام بعبور جرينلند بأمان . والسفن التى تجمدت فى الجليد القطبى دون أن يكون ذلك فى الحسبان قد تم سحبها مسافة طويلة قبل تشقق الجليد فى فصل الربيع . وقد تراءى لنانسن أن السفينة المصنوعة بطريقة خاصة لمقاومة الظروف ما إن تصطدم بالجليد حتى يمكن سحبها على مهل إلى القطب الشمالى .

فى سنة ١٨٩٣ ، قام بتنفيذ هذه الخطة ، لكنه وجد أن السحب ليس عبر القطب الشمالى . فالسفينة لا يمكن أن تنتقل لمسافة أبعد شمالاً عن خط عرض ٨٥ درجة شمالا . وفى أثناء السحب ترك نانسن السفينة وانطلق شمالاً بالزحافات التى تجرها الكلاب إلى خط عرض ٨٦,٢٢ درجة شمالاً ، وتمكن من الوصول إلى مسافة ٤٢٠ كيلومترا من القطب الشمالى ، وهى أبعد شمالا من أى قطعة أرض على سطح الكرة الأرضية .

قاس نانسن عمق المحيط القطبى الشمالى تحت غطائه الجليدى . وقد كان عميقا وبدا أنه يزداد عمقا كلما اتجه المرء أبعد نحو الشمال . وقد قلل هذا من فرصة إيجاد أية أراض بعيدة فى الشمال ، لكن ذلك لم يؤثر على سباق الوصول إلى القطب الشمالى .

وقد كان برى المستكشف للمناطق الأقصى شمالا من جرينلند أكثر نشاطا على وجه الخصوص فى هذا السباق . فقد استخدم البقاع الشمالية من جزيرة ألسمير كقاعدة له ، حيث كانت هذه البقاع هى الأبعد شمالا ، التى يستطيع أن يصلها المرء

على مركب ذات سطح انسيابى عبر البحر المفتوح، ويتبقى له المسافة الأقصر، أقل من ٨٠٠ كيلومتر، يستخدم معها التزحلق على الجليد .

وفى سنة ١٩٠٥ ، أوصلته محاولته الأولى الكبرى انطلاقا من جزيرة ألسمير إلى خط عرض ٨٧,١٠ درجة شمالا، على مقربة ٣٢٠ كيلومترا فقط من هدفه المنشود قبل أن يضطر إلى العودة.

وفى أواخر فبراير ١٩٠٩ ، استخدم برى كل الوسائل والإمكانات . فقد بدأ بمجموعة كبيرة تضم ٢٤ رجلاً و١٣٣ كلبًا ، و١٩ زلاقة تحمل ثلاثة أطنان وربع الطن من المؤن . وقام بإنشاء المستودعات فى الطريق ، وكان يخصص بعض الأفراد للبقاء عند كل مستودع . وفى النهاية ، قام برى وقائد زلاقته ماثيو هنسن (أسود) وثلاثة من الإسكيمو وبعض الكلاب بالرحلة الأخيرة من آخر مستودع شمالى . وقد وصلوا إلى القطب الشمالى أخيرا فى ٦ إبريل ١٩٠٩ . ثم عادوا ، وتابعوا مسارهم واستغلوا المستودعات التى أقاموها أثناء الرحلة شمالا . وفى ٢٥ أبريل عادوا على متن السفينة.

وقد كان النجاح المتزايد للاستكشاف القطبى الشمالى نتيجة لحقيقة أن المستكشفين تعلموا ارتداء ملابس الإسكيمو وأن يعتمدوا على الكلاب أكثر من استخدامهم للقوى البشرية فى جر زلاقاتهم.

بحار المنطقة القطبية الجنوبية

كانت منطقة القطب الجنوبى (الدائرة القطبية الجنوبية) هى العقدة الأصعب فى حلِّها من الشمال البعيد . فالمنطقة القطبية الجنوبية هى الأكثر بُعداً من مراكز النشاط الاستكشافى فى أوروبا عن المنطقة القطبية الشمالية لسبب واحد . وكما اتضح، فالمنطقة القطبية الجنوبية أكثر برودة وأكثر قفرا المنطقة القطبية الشمالية .

وكانت أول بدايات جادة للوصول إلى المنطقة القطبية الجنوبية من جانب الملاحين الأوروبيين هى بعد وصول داياز ودا جاما إلى أقصى جزء جنوبى من أفريقيا ، ومرور

مجلان خلال مضيق مجلان. وفى كلتا الحالتين، لم يكن هناك اهتمام على الإطلاق بأى شىء يقع أبعد جنوباً . وقد كان الملاحون لا يحاولون سوى الوصول إلى جزر الهند الشرقية .

وعندما عبر مجلان المضيق ، وصل إلى نقطة على خط عرض ٥٣,٩٢ درجة جنوبا ، بعيدة تماما عن أى نقطة جنوبية وصلها أى أوروبى من قبله . وهذه بالمصادفة تعتبر النقطة الأبعد جنوبا من أى منطقة قارية مسكونة . ومع ذلك، ففى الجنوب الشرقى من مضيق مجلان كانت هناك أرض يسكنها بشر ، حيث كانت تُرى عليها نيران الحراسة. وقد أطلق عليها مجلان أرض النار **Land of Fire** ، وهو الاسم الذى ما تزال تحمله حتى اليوم .

ظن الجغرافيون فى البداية أن أرض النار هى جزء من قارة جنوبية كبيرة ، لأنه ليس هناك سبب منطقى بخلاف السبب الذى فكر فيه الإغريق القدماء بأن تكون هذه القارة موجودة .

فى سنة ١٥٧٨ ، مع ذلك ، عبر الملاح الإنجليزى فرانسيس دراك **Francis Drake** (١٥٤٠ - ١٥٩٦) مضيق مجلان فى طريقه لسلب المستوطنات الأسبانية الواقعة فى الساحل الغربى من أمريكا الجنوبية . وعند دخوله إلى المحيط الباسيفيكى اصطدم بعاصفة جعلت سفينته تتأرجح جنوب أرض النار الواقعة فى البحار المفتوحة ، وهى امتداد من المياه يطلق عليه مضيق دراك **Drake Strait** منذ ذلك الحين .

والنقطة الأقصى جنوبا من أرض النار أو بالقرب منها هى رأس هورن **Cape Horn** ، التى تقع على خط عرض ٥٦ درجة جنوباً ، وتبعد ٣٨٥٠ كيلومترا من القطب الجنوبى .

ولم يكن أحد مهتماً بالذهاب أبعد جنوباً من هذا ، على الأقل فى ذلك الوقت ، بينما اكتشفت بعض الأراضى البعيدة جنوبا خلال استكشافات جنوب الباسيفيكى التى أدت إلى اكتشاف أستراليا .

فى سنة ١٧٣٨ ، عبر ملاح فرنسى ، هو بيير بوفت دى لوزير **Pierre Bouvet de Lozier** (١٧٠٥ - ١٧٨٦) ما يعرف حاليا بـ جزيرة بوفت **Bouvet Island** فى جنوب الأطلنطى . وقد كانت بقعة من الأرض غير مسكونة على خط عرض ٥٤,٤٣ درجة

جنوبا . واكتشف ملاح فرنسي آخر هو ييفز جوزيف دى كلرجيولين – تريمريك Yves Joseph de Keguelen-Tremarec (١٧٣٤ – ١٧٩٧) جزيرة كريجيولين Kerguelen Island في سنة ١٧٧١ ، وهى مجموعة جزر يبلغ عددها نحو ٣٠٠ جزيرة ، وتقع فى جنوب المحيط الهندى عند خط عرض ٤٩,٥ درجة جنوباً .

ولم تكن أى من الجزر تبعد جنوبا مثل رأس هورن ، بيد أن كلتيهما كانتا باردتان جدا ومهجورتان ، وهى علامة على البرد الشديد فى المناطق القطبية الجنوبية ، حيث كانت أراض مماثلة عند خطوط عرض مماثلة فى نصف الكرة الشمالى أكثر ملاءمة .

وأثناء قيام الكابتن كوك برحلته الثانية ، واصل تقدمه بإصرار جنوبا حتى أنه وصل فى النهاية إلى الدائرة القطبية الجنوبية . فقد كان هو وطاقمه أول ناس فى التاريخ – وليس مجرد أول أوروبيين ، ولكن على قدر علمنا أول بشر من أى نوع – يقومون بهذا العبور . وكان التاريخ هو السابع عشر من يناير ١٧٧٣ ، وقام كوك بعبورين آخرين خلال الرحلة ، وقد تم توغل أكثر له جنوباً فى ٣٠ يناير ١٧٧٤ ، عندما وصل إلى خط عرض ٧١,١٧ درجة جنوبا ، وكان فى ذلك الوقت لا يبعد سوى ١٨٢٠ كيلومترا عن القطب الجنوبى . وأثناء رحلته توقف بسبب الجليد ولم ير أية أرض حقيقية .

وأثناء رحلة كوك اكتشف الجزر الواقعة فى الشرق والجنوب الشرقى من رأس هورن . والجزيرة الأقصى جنوبا من الجزر الصغيرة من هذه المجموعة هى جزيرة ثيول Thule Island ، التى تقع عند خط عرض ٥٩,٤٣ درجة جنوبا ، وتبعد ٣٤٦٠ كيلومترا من القطب الجنوبى .

وإحدى نتائج استكشافات الكابتن كوك هى اكتشاف أن بحار المنطقة القطبية الجنوبية غنية بالفقمة والحيتان . وجذب ذلك السفن المتجهة جنوبا ، حيث لم تكن متع الاستكشاف الخالصة كافية . اكتشف البحار البريطانى ويليام سميث William Smith جزر جنوب شتلند South Shetland Islands فى سنة ١٨١٩ . وقد كانت هذه الجزر قريبة من رأس هورن ، وتقع قطعة الأرض الأقصى جنوبية بينها على خط عرض ٦٣ درجة جنوباً ، وتبعد ٣٠٥٠ كيلومترا من القطب الجنوبى .

ولم يظل هذا رقما قياسا لفترة طويلة . ففى ١٦ نوفمبر ١٨٢٠ ، رأى بحّار أمريكى يبلغ من العمر واحداً وعشرين عاماً الأرض الواقعة جنوب جزر شتلند الجنوبية. وربما لم يكن الأول الذى قام بذلك. فربما يكون ويليام سميث قد سبقه إلى ذلك ، وربما يكون القائد البحرى البريطانى إدوارد برانسفيلد Edward Bransfield قد قام بذلك أيضا . وتعرف المياه الواقعة جنوب جزر شتلند الجنوبية بمضيق برانسفيلد .

وطبيعة الأرض التى شوهدت لم تكن مفهومة فى البداية. وفى النهاية ، وجد أنها شبه جزيرة وتسمى حاليًا بشبه جزيرة المنطقة القطبية الجنوبية . وهى بالفعل الامتداد الأقصى شمالا من قارة . ومع ذلك فالأرض التى شوهدت سنة ١٨٢٠ ، كانت لا تزال شمال الدائرة القطبية الجنوبية .

وفى السنة نفسها، طاف مستكشف روسى يدعى فابين جوتليب بلنجزهاوسن Fa- bian Gottlieb Bellingshausen (١٧٧٨ - ١٨٥٢) حول البحار الواقعة بجوار الدائرة القطبية الجنوبية ، واكتشف جزيرة صغيرة أطلق عليها جزيرة بطرس الأول. وقد كانت على خط عرض ٦٨,٨ درجة جنوبيًا ، والتى تعتبر على بعد ٢٤٠ كيلومترا جنوب الدائرة القطبية الجنوبية . وقد كانت أول قطعة أرض حقيقية من المنطقة القطبية الجنوبية يتم اكتشافها .

واكتشف بلنجز هاوسن أيضا قطعة أرض أكبر كثيراً غرب قاعدة شبه جزيرة المنطقة القطبية الجنوبية ، وهذه لا تزال تقع أبعد جنوبا. وقد أطلق عليها جزيرة الكسندر الأول Alexander I Island . والبحر المحيط بهذه الجزر يعرف ببحر بلنجز هاوسن .

واكتشف صائد الحيتان الإنجليزى جيمس ودل James Weddell (١٧٨٧ - ١٨٣٤) مساحة من المحيط تمتد أبعد جنوبا من أى شىء استكشف من قبل ، وفى ٢٠ فبراير ١٨٢٣ ، وصل علامة خط عرض ٧٢,٢٥ جنوبا ، قبل أن تعيده الرياح والجليد . وقد مثّل هذا رقما قياسيًا جنوبيًا جديدا فاق ما سجّله كوك منذ خمسين سنة . وقد اقترب ودل من قطعة أرض أقل من ١٨٠٠ كيلومتر من القطب الجنوبى . والمدخل إليها الذى أبحر إليه ودل يقع شرق شبه جزيرة المنطقة القطبية الجنوبية ، وتعرف حاليًا ببحر ودل Weddell Sea .

تمت كل الاكتشافات الأرضية في حقبة عشرينيات القرن التاسع عشر في بحار المنطقة القطبية الجنوبية في المنطقة العامة جنوب أرض النار . وفي سنة ١٨٣١ ، جاءت أول مشاهدة لأرض منطقة قطبية جنوبية في الجانب الآخر من العالم . ففي ذات السنة ، رأى الملاح الإنجليزي جون بريسكو John Briscoe خطاً ساحلياً شمال الدائرة القطبية الجنوبية وجنوب مدغشقر . وقد أطلق عليه إندربي لاند Enderby Land على اسم أصحاب سفينته . وقد رآه من بعد، حيث منعه الجليد من الوصول إليه بالفعل.

في سنة ١٨٤٠ ، أبحر المستكشف الفرنسي جيوليه دومونت دارافيل Jules Dumont d'Urville (١٧٩٠ - ١٨٤٢) جنوبا من أستراليا واستطلع خطاً ساحلياً يقع بالضبط على الدائرة القطبية الجنوبية ، وأطلق عليه أديلي لاند Adelie Land على اسم زوجته .

وفي الوقت نفسه تقريباً ، كان مستكشف أمريكي ، هو شارلس ويلكز Charles Wilkes (١٧٩٠ - ١٨٧٧) يتابع امتداداً طويلاً من خط ساحلي بين إندربي لاند وأديلي لاند ، وهو امتداد يتبع الدائرة القطبية الجنوبية بدقة مذهلة . هذا الامتداد من الأرض يقع جنوب المحيط الهندي ، ويعرف بولكس لاند Wilkes Land .

القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا)

عند عودة ولكس ، كان أول من نادى بأن كل الاكتشافات الفردية في السنوات العشرين السابقة يمكن توفيقها معًا لتدل على وجود كتل أرضية جنوب قطبية ذات حجم قاري . وقد حدد هذا أول إدراك بأنه توجد على سطح الأرض قارة سابعة ، تبلغ مساحتها ضعف مساحة أستراليا ، لكنها تقع بكاملها تقريبا داخل الدائرة القطبية الجنوبية ، ونتيجة لذلك فإنها غير مأهولة بالسكان ولا يمكن السكن فيها (فيما عدا جماعات الاستكشاف المجهزة تجهيزا خاصًا والجماعات العلمية) . وسميت القارة أنتاركيتكا Antarctica .

في يناير ١٨٤١ ، دخل المستكشف الأسكتلندي جيمس كلارك روس James Clark Ross (١٨٠٠ - ١٨٦٢) ابن أخ مستكشف المنطقة القطبية الشمالية إلى

الأنتاركتيكا فى منطقة تقع بصفة عامة جنوب نيوزلند الجديدة ، وتعرف حالياً ببحر روس . وقد أبحر جنوبا إلى أن استوقفه حائط كبير من الجليد يبلغ ارتفاعه من ٦٠ إلى ٩٠ مترا . وقد اتضح أنه رف جليدى ، طبقة سميكة بارزة فوق سطح البحر من لوح جليدى ضخم (تسعة أمثال اللوح الجليدى الذى يغطى جرينلند) الذى وجد فوق الأنتاركتيكا . ورف روس الجليدى ، كما يطلق عليه يغطى مساحة محيط مفتوح آخر تبلغ مساحته مساحة فرنسا .

وبحر ودل أيضا له رف جليدى فوق بقاعه الجنوبية ، ذلك الرف الذى يسمى رف فلشنر الجليدى ، على اسم المستكشف الألمانى ويلهولم فلشنر Wilhelm Flichner (١٨٧٧ – ١٩٥٧) ، الذى كان أول من استكشفه . ولا يوجد رف جليدى يمتد للقطب الجنوبى . ورف روس الجليدى الذى يمتد لمسافة عميقة من القارة ، يصل إلى خط عرض ٨٦ درجة جنوباً ، أقل من ٥٠٠ كيلومتر من القطب الجنوبى .

فى ٢٣ يناير ١٨٩٥ ، أنزل صائد حيتان نرويجى بأمر من ليونارد كريستنسون Leonard Kristenson فريقاً إلى فكتوريا لاند فى الطرف الغربى من بحر روس . ولأول مرة فى تاريخ العالم ، يقف إنسان على أرض داخل الدائرة القطبية الجنوبية .

كان واحد من هذا الفريق هو كارستين أى. بورتشارجفنك Carsten E.Borchgrevink (١٨٦٤ – ١٩٣٤) ، الذى عاد فى سنة ١٨٩٨ ، مع تسعة رجال آخرين ، وقضوا الشتاء فى الأنتاركتيكا ، وكانوا أول ناس يقومون بذلك . وفى إحدى النقاط ، ركب بورتشاجرافنك الزلاقات وانطلق فى أول محاولة لاستكشاف أرض جنوباً . وفى ١٦ فبراير ١٩٠٠ ، وصل إلى علامة جنوبية على خط عرض ٧٨,٨ درجة جنوباً ، وكان لا يبعد بأكثر من ١٢٥٠ كيلومترا من القطب الجنوبى .

وحاول أحد زملائه ، هو إرنست هنريشاكلتون Ernest Henry Shackleton (١٨٧٤ – ١٩٢٢) مرة أخرى . وفى ٩ يناير ١٩٠٩ ، استطاعت مجموعته المكونة من أربعة أفراد الوصول إلى خط عرض ٨٨,٣٨ درجة جنوبا ، والتى لا تبعد أكثر من ١٥٥ كيلومترا فقط من القطب الجنوبى . وقد اضطر كل فرد إلى جر زلاقته ، ولم يعودوا إلا عندما اتضح لهم أن التوغل لمسافة أبعد لن يبقى لهم ما يكفى من طعام لرحلة العودة .

وكان قد أعد كل شيء للانطلاقة الأخيرة، وكان هناك مرشحان في الميدان ، أحدهما سكوت والآخر أمندسن ، الذي حقق علامته من قبل في استكشاف المنطقة القطبية الشمالية .

استعد أمندسن بعناية فائقة، واستغل الزلاقات التي تجرها الكلاب وعدداً وفيراً من الكلاب . فقد كان هناك ٥٠ كلبا في البداية ، عندما انطلق أمندسن في رحلته في ٢٠ أكتوبر ١٩١١ . وعندما تقدم في رحلته ، قام بقتل كلابه الضعيفة وأطعمها للكلاب القوية ، وبذلك وفّر المؤن الغذائية التي أحضرها لأفراد الحملة الكشفية . وبهذه الطريقة تجنب اضطراره العودة كما فعل شاكليتون . وصل أمندسن القطب الجنوبي في ١٤ ديسمبر ١٩١١ ، وعادت الحملة في ٢١ يناير ١٩١٢ ، وكان لا يزال ١٢ كلباً على قيد الحياة وكمية وفيرة من الطعام ، ولم تحدث أية خسائر بشرية .

ونُظمت محاولة سكوت بطريقة أقل عناية ، فلم يعتمد كثيراً على الكلاب ، وقد ابتُلي بسوء الحظ . فالستمائة كيلومتر الأخيرة قطعها بواسطة زلاقات يجرها رجال فقط . ووصل سكوت وأربعة زملاء إلى القطب الجنوبي في ١٧ يناير ١٩١٢ ، ووجدوا علامة أمندسن موجودة هناك بالفعل . وقد تطلبت منهم الرحلة ٦٩ يوما للوصول إلى القطب مقارنة بخمسة وخمسين يوما قطعها أمندسن ، وقد اعتراهم التعب الشديد . وفي رحلة العودة ، واجهت الرجال الخمسة عاصفة ثلجية عنيفة استمرت نحو تسعة أيام ، والتي كانت القشة التي قصمت ظهر البعير ، وتوفي الجميع بسبب البرد أو ما يشبه ذلك في ٢٩ مارس ١٩١٢ .

وبحلول عام ١٩١٢ ، حينئذ ، كان قد تم استنتاج شكل كل المناطق البرية والبحرية في الأرض بدقة معقولة على مدى خمسة قرون من استكشاف متواصل تقريبا ، معظمه من الأوروبيين بدءاً من عصر هنري الملاح .

ولم يكن إلا في نهاية هذه الفترة أن ساعدت الطائرات المتطورة حديثا على التغلب على جميع العقبات بسرعة كبيرة وبأقل مشاكل ممكنة . وفي ٩ مايو ١٩٢٦ ، طار أمريكيان هما : ريتشارد إيفلين بيرد Richard Evelyn Byrd (١٨٨٨ – ١٨٥٧) وفلويد بينت Floyed Benett (١٨٩٠ – ١٩٢٨) من سبتزبرجن إلى القطب الشمالي وعادا في رحلة بلا توقف في مدة لا تزيد عن ١٥ ساعة . وكان أول رحلة طيران فوق الأنتاركتيكا في ٢٠ ديسمبر ١٩٢٨ **وبهذه المرحلة ، تم وضع النقاط الرئيسية لخريطة العالم .**

الفصل الرابع

سطح الأرض : المرتفعات والمنخفضات

الجبال

لم يكن اكتشاف الأرض ورسم خرائط للكرة الأرضية (فيما عدا التفاصيل الصغيرة نسبيا) بدقة معقولة ، هو خاتمة المطاف .

وعلى الرغم من ذلك كان لا يزال هناك مزيد من الاستكشافات .

وعلى سبيل المثال ، فعلى الرغم من أن سطح الأرض هو سطح ثنائي الأبعاد (على الرغم من السطح المنحنى للكرة) ، فإن لها مرتفعاتها ومنخفضاتها ، التى تمثل مشاكل خاصة ، وأبرز مثال على ذلك ، سلاسل الجبال العظيمة .

كان للجبال دائما وقع مؤثر فى النفس ؛ فالجبال الضخمة التى تعانق قممها الشامخة عنان السماء ، والتى يكتنفها الغموض والصمت ويكسو وجهها الجليد ، وتبدو منيعة التسلق ، كانت منذ سالف الزمان مبعث الإلهام للناس ولشعورهم بالضعة أمامها . وهى بهذا الوضع المتعالى المنيع تبدو أصلح لسكنى الآلهة عن سكن الإنسان. وقد نظر الناس إلى الجبال على أنها أرض مقدسة ، وشعروا أن من الصواب التقرب إلى الآلهة فوق تلال الجبال بدلاً من التقرب لها فى السهول والوديان .

وفى الكتاب المقدس ، دوى صوت الله فوق جبل سيناء ، وكان ذلك عندما تلقى موسى كليم الله (أبناء إسرائيل) الوصايا العشر ، وفقا لرواية التوراة . ولم يصف الكتاب المقدس موقع الجبل بالتحديد ، غير أن المرويات traditions تشير إلى جبل سيناء بأنه أحد القمم الواقعة فى الطرف الجنوبى من شبه جزيرة سيناء ، الذى يبعد عن جنوب القدس ٣٢٠ كيلومترا . ويبلغ ارتفاع الجبل ٢٢٨٥ مترا ، ويطلق عليه بدو

سيناء جبل موسى "Mount of "Moses . ويبلغ ارتفاع القمة القريبة من جبل سانت كاترين ٢٦٧٠ مترا ، ويوحى الجبل بأنه موطن أكثر مهابة للإله ، لكنه لا يوجد ما يدلل على ذلك فى المرويات traditions .

وبالمثل ، فى سفر التثنية Deuteronomy (من أسفار العهد القديم) ، أمر الله اليهود بأداء شعائر مهمة عديدة على قمم الجبال فى الأرض الجديدة التى سيدخلونها ، وقد اختار لهذا الغرض جبل Mt. Gerizim وجبل عيبال Mt. Ebal فى وسط إسرائيل . وبمرور الزمن ، أصبح المعبد الذى بناه الملك سليمان فى القدس مركزًا للعبادة اليهودية ، وحل محل جميع الأماكن المرتفعة ، بينما لا يزال يعتبر السامريون – وهم طائفة يهودية – جبل Mt. Gerizim المكان المقدس ، وهو جبل لا يزيد ارتفاعه عن ٨٥٥ مترا .

اعتبر الإغريق القدماء جبل أوليبا Olympus Mt . فى شمال اليونان موطنا للآلهة ، إذ يبلغ ارتفاعه ٢٩٠٠ مترا ، ويعتبر أطول جبل فى شبه الجزيرة اليونانية . ومرة أخرى ، يصل ارتفاع جبل فوجياما Fujiyama ٣٧٧٥ مترا ، ويعد أعلى جبال اليابان ويعتبره اليابانيون جبلا مقدسا .

ويمضى الزمن ، أصبحت المعتقدات الدينية معتقدات سماوية ، وانتقل موطن الآلهة من قمم الجبال إلى السماء ، وبعد ذلك إلى سماء تتجاوز الوجود المادى ، ولا تشكل جزءا من الكون المرئى على الإطلاق . وعلى الرغم من هذا ، فقد يخامرنا شعور بأن القباب والأبراج التى تعلو الكنائس ، وكذلك مآذن المساجد الإسلامية ، والهياكل الهرمية الشكل فى بابل ziggurats of Babylonia ، والأهرام فى مصر وهى جميعا أمثلة من صنع الإنسان تعود بالذاكرة إلى الجبال التى عاش فوقها الآلهة .

إذا نحينا الدين والاعتقاد فى الخرافات جانبا ، فإن سلاسل الجبال تقيد حرية الإنسان أولاً باعتبارها حواجز ، وقد تكون هذه الحواجز عونا للإنسان ، حيث تكون الجبال الدرع الواقى أمام الجيوش الغازية ، أو تكون القلعة المنيعة التى يزود من خلالها السكان الأصليون عن أراضيهم .

وعلى ذلك ، فقد حمت سلسلة جبال الألب Alpine mountains طوال العصور إيطاليا التى تطوق من جهة الشمال ، وكانت تلك الجبال دائما عاملا مهما فى الحفاظ على استقلال سويسرا .

ومع ذلك ، فإن الثقة المفرطة فى هذه الحواجز بالغة الضرر ، فقد باغت هانيبال القرطاجى Hannibal of Carthage الرومان سنة ٢١٨ ق .م ، وعبر الألب ، بدلا من الوصول بحرا إلى إيطاليا من أسبانيا .

وعلى الرغم من هذا ، فعادة ما يكون للجبال دور الحماية ، فعندما غزا المسلمون أسبانيا فى سنة ٧١١ ميلادية ، أعاقت جبال البرانس Pyrenees محاولتهم لضم مملكة الفرنجة Frankish realm إلى أملاكهم ، واحتفظت مملكة الفرنجة باستقلالها ، وعندما شن شارلمان هجوماً مضاداً فى سنة ٧٧٨ ، أعاقته جبال البرانس أيضا . وإلى هذا اليوم ، يعتبر خط جبال البرانس هو الحد الفاصل بين فرنسا وأسبانيا - كما تعتبر جبال الهيمالايا Himalayas الخط الفاصل بين حدود الهند والصين ، وتعتبر جبال الإنديز Andes الخط الفاصل بين حدود دولة شيلى والأرجنتين ، كما تعتبر جبال الألب الخط الفاصل بين حدود إيطاليا وجيرانها ، وهكذا .

تسلق جبال الألب

لا يبدو أن أحدا فى العصور القديمة والوسطى حاول تسلق الجبال لأى سبب من الأسباب غير الوصول إلى الجانب الآخر من الجبل . بيد أنه فى سنة ١٤٩٢ ، (السنة التى اكتشف فيها كولومبوس العالم الجديد) قاد رجل من رجال البلاط الفرنسى جماعة وقاموا بتسلق جبل إيجويل Mt. Aiguile (يبلغ ارتفاعه ٢١٠٠ متر) ، الذى يقع جنوب شرق فرنسا ويبعد ٤٥ كيلومترا جنوب جرينوبل .

قام رجل البلاط الفرنسى بتسلق الجبل لأن مليكه أمره بذلك . فقد سمع شارل الثامن Charles VIII (١٤٧٠ - ١٤٩٠) ملك فرنسا أن هذا الجبل يعتقد أنه لا يمكن تسلقه ، وقد أراد التحقق من ذلك . وبما أنه ملك كان يمكنه أن يأمر أى شخص آخر للقيام بهذه المهمة وتكبد المخاطر والصعوبات التى ستواجهه .

تسلق العالم الطبيعى السويسرى كونراد جيسنر Konard Gesner (١٥١٦ - ١٥٦٥) قمم جبل الألب فى عدة مناسبات ، ويبدو أنه كان يستمتع بالقيام بهذا العمل ، وكتب الكثير عن أنواع النباتات والحيوانات المختلفة ، وكان لتسلقه الجبل سبب علمى ،

حيث كان يبحث عن أنـواع نادرة من النباتات والحيوانات لا توجد إلا فى مناطـق الجبال المرتفعة .

وحدث مثال آخر للتسلق فى أمريكا الشمالية ، حيث تسلق داربى فيلد Darby Field أحـد سكان مستعمرة هامبشير الجـديـدة New Hampshire ، فى سنة ١٦٤٢ ما سمى أخيرا بجبل واشنطن Mt. Washington (يبلغ ارتفاعه ١٩١٧ مترا ، وتقع أعلى قممه فى منطقة تعرف حاليًا بشمال شرق الولايات المتحدة) . واجه فيلد بعض الصعوبات فى إقناع المرشدين الهنود لمصاحبته ، حيث كان الهنود يعتبرون الجبل أرضا مقدسة .

وفى القرن الثامن عشر أصبح تسلق الجبال أكثر من عمل بطولى شهم . ولم يكن الأمر على هذا النحو قبل ذلك ، إذ بدأ يزدهر فى ذلك الوقت علم الجيولوجيا ، وهو العلم الذى يدرس قشرة الأرض ، ووجد العلماء أنفسهم مهتمين بالجبال ، حيث قاموا بدراسة تركيبها ، وصخورها ، وأنهارها الجليدية . وتزايد اهتمام علماء النبات بالحياة النباتية الموجودة فوق الجبال ، واهتم علماء الحيوان بحياة الحيوان الذى يقطن الجبال.

ولما نما واتسع العلم الحديث فى أوروبا الغربية بصفة خاصة ، كانت جبال أوروبا الغربية هى أول ما استرعى اهتمام العلماء – على وجه الخصوص ، وكانت جبال الألب أطول السلاسل الجبلية فى أوروبا الغربية .

أطول قمة فى جبال الألب هى الجبل الأبيض Mont Blanc (وسمى بالأبيض لاكتسائه الجليد طوال العام) ، ويبلغ ارتفاعه ٤٨٠٧ مترا ، أكثر من ضعف ارتفاع جبل سيناء . وتقع هذه القمة جنوبى سويسرا ، شمال الحدود الإيطالية ، وتبعد ١٠٠ كيلومتر عن جنوب شرق مدينة جنيف . وتوجد بهذه القمة والقمم الأخرى القريبة منها أروع وأكبر الأنهار الجليدية فى جبال الألب ، ولذلك السبب تسترعى الاهتمام .

فى سنة ١٧٦٠ ، وصل طالب فيزياء من جنيف ، يبلغ من العمر عشرين عاما ، يدعى هوراس بنديكت دو سوسيور Horace Benedict de Saussure (١٧٤٠ – ١٧٩٩) إلى الجبل الأبيض . وفى أواخر حياته أصبح أستاذا للفيزياء حيث اخترع أجهزة لقياس الرطوبة الجوية والجهد الكهربى أيضا . وقد كان أيضا أول من استخدم كلمة "جيولوجيا" . بيد أنه فى سنة ١٧٦٠ ، كان مجرد شاب ينظر إلى الجبل الأبيض ، وحدّث نفسه كم هو عمل بطولى رائع أن يتسلق شخص قمة هذا الجبل .

لم تكن لدى دى شوسيور الجرأة الكافية لتسلق الجبل ، لكنه عرض جائزة مالية لأول شخص يتسلق الجبل . ومرت ستة وعشرون سنة قبل أن يحاول شخص الفوز بالجائزة . كان هذا الشخص هو مايكل جبريل باكارد **Michel Gabriel Paccard** ، وهو طبيب فرنسى ، وقد صعد إلى قمة الجبل الأبيض فى سنة ١٧٨٦ بصحبة حمّال ، وفاز بالجائزة .

وما إن علم دى سوشيور أن بالإمكان تسلق الجبل لم ينتظر طويلا . وفى السنة التالية ، على الرغم من أنه جاوز السابعة والأربعين فى ذلك الوقت صعد أيضا قمة الجبل . وقد حمل معه أجهزة علمية لقياس الضغط الجوى ، ودرجات الحرارة ، وهلم جرا . وبالطبع ، بدءًا بهذه النظرة الأولى للجبل ، أصبح رجلا متسلقا متحمساً للجبال ، واغتنم الفرص لدراسة تركيب صخور الجبال .

لاحظ دى سوشيور أن طبقات الصخر كانت متوازية ، لكنها لم تكن أفقية أو حتى مستقيمة ، فهى تنحنى على هيئة منحدرات وحلقات . وقد افترض فى البداية أن ذلك هو ما يحدث للصخور عندما تتبلور ، إلى أن رأى بعض الطبقات الصخرية التى تتكون من رمل وحصى لم تتماسك مع بعضها بصورة قوية ، وأدرك أنها لم يمكنها أن تترسب بشكل متواصل . ولابد أن الطبقات كانت مستوية وأفقية فى البداية ، ولابد أنها طويت وتجعدت من أرض مستوية خلال مرحلة تكون الجبال .

وهكذا فقد ثبت أن لتسلق الجبال أهمية علمية ، غير أن قليلاً من المتسلقين من يدركون هذا . وأصبح تسلق الجبال من الرياضات المتعة .

فى سنة ١٨٥٤ ، تسلق الإنجليزى ألفرد ويلز **Alfred Wills** قمة وترهورن **Wetter-horn** ، عندما كان يقضى شهر العسل ، وهى إحدى قمم الألب التى يبلغ ارتفاعها ٣٧,٠٨ مترا ، . وقد كان من الغريب قيامه بذلك فى هذا الوقت ، لكنه مثال يدل على مدى استحواذ الرياضة الخطرة والشاقة على خيال بعض الناس ، الذين وجدوا فيها تحدياً لا يقاوم .

وجاء الكثير والكثير من المتهورين (ومعظمهم دائمًا من الجزر البريطانية ، لسبب ما) لقياس قمم الجبال ، وأنشأ السويسريون سلسلة من فرق المرشدين ، وهم نوع من الفرق التى تحترف تسلق الجبال ، وتقوم بالترويح عن السائحين .

وقد جلبت رياضة الألب بعض المتعة ، من حقيقة أن الجبل الأبيض ، وهو أعلى قمم الألب ، كان أول قمة جبلية يتم تسلقها ، وبذلك لم تكن هناك فرصة لتحطيم رقم ارتفاع جديد . ومع ذلك ، لم يكن الارتفاع وحده دائما المقياس الحقيقى لدرجة الصعوبة .

ولنأخذ الماترهورن Matterhorn ، على سبيل المثال ، الذى يبعد عشرين كيلومترا شرق الجبل الأبيض . فهذه القمة التى يبلغ ارتفاعها ٤٤٧٨ مترا ، أقل من قمة الجبل الأبيض بـ ٣٢٩ مترا ، لكنها تبدو تتجه لأعلى فى خط مستقيم وتعطى مظهراً مروعًا ، خصوصاً عند النظر إليها من الجانب الإيطالى . وقد كانت تعتبر بشكل عام من القمم التى يستحيل صعودها .

جاء فنان إنجليزى يدعى إدوارد هوايمبر Edward Whymper (١٨٤٠ - ١٩١١) إلى الألب ليرسم مناظر الجبال ، واستحوذت عليه متعة التسلق . وفى أوائل ستينيات القرن التاسع عشر ، قام بما لا يقل عن ستة محاولات لتسلق الماترهورن من الجانب الإيطالى ، وباءت جميع محاولاته بالفشل . ومع ذلك ، ففى إحدى المرات لمح الجانب الآخر من الجبل ، الجانب السويسرى ، وبدا له أنه يمكن تسلق الجبل من هناك .

ولذلك السبب ، عندما قام بمحاولة سابعة ، صعد إلى الجبل من الجانب السويسرى . وفى الرابع عشر من يوليو ١٨٦٥ ، فى الساعة الواحدة والدقيقة الأربعين بعد الظهر ، صعد قمة الجبل بصحبة ستة من زملائه . بيد أنه أثناء النزول ، والجميع يهبطون الواحد تلو الآخر ، وكل منهم مربوط بالآخر بواسطة حبل ، انزلق أحد الأفراد، وهو أقلهم خبرة بتسلق الجبال . كانت الفكرة من استخدام الحبل هى ألا يكون الانزلاق مميتًا ، حيث يتشبث الآخرون المربوطون بالحبل بسفح الجبل ، والشخص الذى ينزلق يظل يتدلدل إلى أن يتم إنقاذه .

ومع ذلك ، ففى هذه المرة ، كان الانزلاق بطريقة معاكسة ، فالشخص الذى انزلق جذب إليه الشخص التالى السائب ، وكلاهما جذبا الشخص الثالث ، وبعد ذلك الرابع . فلو لم ينقطع الحبل بين الشخص الرابع والخامس ، لارتطم الجميع بالجبل . مات أربعة من المتسلقين ، بينما تم إنقاذ هوايمبر واثنين من المرشدين . (وحامت شائعات بأن أحداً ممن بقوا على قيد الحياة قام بقطع الحبل عمداً ، لكنه لم يوجد دليل على ذلك).

هذه الحادثة المروعة قامت أكثر من أى شىء آخر بإظهار روعة تسلق الجبال ، وأصبحت هواية التسلق جذابة لمن يرغبون فى ركوب المخاطر .

وكما يحدث فى غالب الأحوال ، فبمجرد أن يحدث عمل بطولى بصعوبة بالغة ، ويتسم بالمهارة والجرأة بعد عدة محاولات تدوم لسنوات عديدة ، يصبح تكراره عملاً مألوفًا وسهلاً بالمقارنة بأعمال أخرى . وبعد ثلاثة أيام فقط من تسلق مجموعة هوايمبر وصلت مجموعة من المتسلقين الإيطاليين إلى القمة من مكان غاية فى الصعوبة من الجانب الإيطالى . وفى هذه الأيام ، أصبح تسلق الجبال من الأمور الروتينية فى فصل الصيف . وفى القرن الماضى ، بلغ عدد من تسلقوا القمة ما لا يقل عن ١٠٠٠٠٠ شخص ، على الرغم من أن من لقى حتفه فى هذه المغامرة لا يقل عن تسعين شخصاً .

ما وراء الألب

بحلول عام ١٨٧٠ ، لم تعد جبال الألب هى التحدى الحقيقى ، فقد جرى تسلق العديد من قمم الجبال مرات عديدة . فجبال الألب ، بأية حال ، ليست هى أكثر السلاسل الجبلية فى العالم ارتفاعاً ، والجبل الأبيض ، ليس أبداً هو أعلى القمم الجبلية فى العالم .

فقد جرت محاولات بالفعل فى أماكن أخرى . وفى جبال روكى الأمريكية ، تم تسلق قمة بايك Pikes Peak فى كولورادو سنة ١٨١٩ ، غير أن هذه القمة أقل ارتفاعاً من الجبل الأبيض .

وأول قمة جبلية أعلى من قمة الجبل الأبيض جرى صعودها بنجاح هى جبل أرارات Mt. Ararat فى المنطقة التى تعرف حاليا بشرق تركيا ، فى الأراضى الواقعة بين إيران وروسيا . ولهذا الجبل قمتان ، وأعلاها هى أرارات العظمى ، التى يصل ارتفاعها ٥١٦٥ مترا ، وتزيد ارتفاعًا عن الجبل الأبيض بـ ٣٥٨ مترا .

وفى سنة ١٨٢٩ ، قام الألمانى جوهان يعقوب فون باروت Johann Jacob von Parrot بقياس جبل أرارات . وكان هناك حافزًا خاصًا وراء التسلق ، فجبل أرارات تبعًا للمرويات ، هو الجبل الذى استقرت فى النهاية فوقه سفينة نوح بعد الطوفان ، وكان الأمل يراود الأشخاص الخياليين دائمًا فى أن يجدوا بعض بقايا السفينة القديمة .

لم يجد فون بارت أى أثر لسفينة نوح ، ومنذ ذلك الحين ، جرت محاولات أخرى لتسلق الجبل ، وأحيانا ما كانت تُسمع أخبار عن وجود بقايا ، لكنه لم يظهر بالفعل شيء مقنع .

وأعلى قمة فى المكسيك هى كتلالتبتل Citlaltepetl ، التى تبعد حوالى سبعين كيلومترا غرب فيرا كروز ، ويصل ارتفاعها ٥٧٠٠ مترا ، وكانت أول مرة يجرى تسلقها فى عام ١٨٤٨

بيد أنه بعد سنة ١٨٧٠ ، بدأ هواة التسلق فى العالم يبحثون عن قمم عظمى أيًا كان موقعها .

تعتبر قمة جبل كلمنجارو Kilimanjaro أعلى القمم الجبلية فى أفريقيا ، وتقع فى تنزانيا ، جنوب الحدود مع كينيا ، وتبعد حوالى ٢١٠ كيلومترا جنوب العاصمة نيروبى ، ويبلغ ارتفاعها ٥٨٩٥ مترا . وفى سنة ١٨٩٩ ، قام ألمانيان هما هانز مايير Hans Meyer ولودفيج برتسكلير Ludwig Purtscheller بتسلق هذه القمة بنجاح .

وبعد ذلك بعشر سنوات ، قام متسلق جبال بريطانى يدعى هالفورد ماكندر Half-ord Mackinder بتسلق قمة جبل كينيا المنخفضة بعض الشيء (يبلغ ارتفاعها ٥١٩٣ مترا ، وتبعد ٣٢٠ كيلومترا شمال جبل كليمنجارو) .

بيد أن قمة كليمنجارو ليست بالقمة العالية . وقد كان متسلقو الجبال يحاولون تسلق سلسلة جبال الإنديز . وتوجد واحدة من أعلى قمم الإنديز وهى شيمبورازو Chimborazo فى الإكوادور ، التى تبعد ١٥٠ كيلومترا جنوب كيوتو Quito ، ويصل ارتفاعها ٦٢٦٧ مترا . وقد جرى تسلقها عدة مرات . وفى واقع الحال ، حاول الجغرافى العظيم ألكسندر فون هلبولت Alexander von Humbolt (١٧٦٠ – ١٨٥٩) تسلق الجبل فى أوائل سنة ١٨٠٢ ، فى العهود الأولى لتسلق الجبال ، واستطاع الوصول إلى ارتفاع ٥٧٦٠ مترا ، الذى يعتبر أعلى ١٠٠٠ متر تقريبا من قمة الجبل الأبيض . ومع ذلك ، حيث إنه لم يصل إلى قمة الجبل ، فعادة ما يتغاضى عن هذا العمل .

فى سنة ١٨٨٠ ، تسلق هوايمبر قاهر الماترهورن جبل شيمبورازو ، ليس مرة واحدة بل مرتين . وقد كان أول من تسلق قمة جبلية أعلى من ارتفاع ٦٠٠٠ متر .

وهناك بعض القمم الإنديزية أعلى من قمة شيمبورازو . فالقمة الأعلى فى سلسلة جبال الإنديز ، بالفعل ، والأعلى من أى مكان آخر خارج آسيا هى قمة جبل أوكونكاجوا Mt. Aconcagua ، الذى يقع على الحدود بين شيلى والأرجنتين ، ويبعد ١٠٠ كيلومتر شمال شرق سانتياجو ، ويبلغ ارتفاعه ٦٩٦٠ مترا . وقامت حملة تحت قيادة متسلق الجبال الإنجليزى ، إدوارد. أ. فيتزجيرالد Edward A. Fitzgerald بتسلق قمة الجبل فى سنة ١٨٩٧

وأعلى قمة جبلية فى أمريكا الشمالية هى قمة جبل ماكنلى Mt. McKinley ، وتقع فى جنوبى ألاسكا ، وتبعد ٢٥٠ كيلومتراً جنوب غرب فيربانكس Fairbanks . ولا يزيد ارتفاعها عن ٦١٩٤ مترا ، وهى أقل ارتفاعًا من قمة أكونكاجوا ، ولكن موقع جبل ماكنلى الذى لا يبعد كثيرا عن جنوب الدائرة القطبية الشمالية ، يجعل منه أعلى قمم جبال العالم القريبة من القطب الشمالى ، وهذا مما يزيد من صعوبة تسلقه . وفى سنة ١٩١٣ ، استطاعت مجموعة مكونة من أربعة أفراد ، تحت قيادة القس الأسقفى البروتستنتى الإنجليزى الأمريكى هدسون ستك Hudson Stuck (١٨٦٣ – ١٩٢٠) الذى يبلغ من العمر خمسين عاما بتسلق الجبل حتى قمته .

بيد أنه فى القرن العشرين ، تحول متسلقو الجبال بصورة متزايدة إلى سلاسل جبال الهيمالايا المعقدة ، التى تضم أعلى جبال العالم . وهناك على سطح الأرض حوالى أربعين قمة جبلية أعلى من ٧٠٠٠ متر ، وتقع كل القمم الأخيرة منها فى جبال الهيمالايا .

وكانت أول قمة من هذه القمم يجرى تسلقها هى قمة تريسول Trisul فى شمالى الهند ، التى تبعد ٣٠٠ كيلومتر شمال شرق نيودلهى . ويبلغ ارتفاعها ٧٢١٠ مترا ، وقد تم قياسها سنة ١٩٠٧ .

وأعلى قمة فى الاتحاد السوفييتى (السابق) هى القمة الكميونية Communism Peak ، التى يبلغ ارتفاعها ٧٤٩٥ مترا ، فى سلسلة جبال بامير Pamir Range ، أقصى الامتداد الغربى للهيمالايا . وهى تقع فى طشقند السوفيتية ، حوالى ١٢٠ كيلومترا غرب الحدود الصينية ، واستطاع فريق من المتسلقين السوفييت الصعود إلى قمتها فى سنة ١٩٣٣

ومع ذلك ، لم يسجل هذا الصعود رقمًا جديداً ، لأنه تم قياس قمة كاميت Kamit ، التى تبعد ٧٠ كيلومترا شمال غرب تريسول ، ويبلغ ارتفاعها ٧٧٥٦ مترا . وبعد ذلك ببضع سنوات تم تحطيم هذا الرقم ، عندما قاست مجموعة إنجليزية قمة ناندا ديفى Nanda Devi التى تبلغ ٧٨١٧ مترا وتوجد فى نفس المنطقة .

كانت قمم الجبال العالية الحقيقية هى الأربع عشرة قمة التى يزيد ارتفاعها عن ٨٠٠٠ متر ، ويقع معظمها على الحدود ما بين نيبال والتبت .

كانت تمثل هذه القمم سقف الأرض ، ووصل متسلقو الجبال هنا إلى مستوى صعوبة يماثل صعوبة الوصول إلى القطبين . فبوجه من الوجوه ، كانت القمم الجبلية هى الأكثر صعوبة ، وعلى رغم صعوبة البيئة فى القطب الشمالى والقطب الجنوبى ، وكان من الممكن على الأقل استنشاق الهواء هناك . بيد أن الهواء فى القمم الجبلية العظيمة فى التبت ونيبال يكون خفيفًا لدرجة أن أقل مجهود يبذل بشق الأنفاس . وفى النهاية ، أصبحت أوعية الأكسجين مهمة لمتسلقى الجبال مثل أهمية الكلاب التى تجر زلاقات مستكشفى القطب .

كانت أول قمة ارتفاعها ٨٠٠٠ متر فأكثر يتم قهرها هى أنابيورنا Annapurna فى شمال وسط نيبال ، حيث وصل ارتفاعها الحقيقى ٨٠٧٨ مترا ، وقد تم قياسها بصورة نهائية فى سنة ١٩٥٠ بواسطة فريق فرنسى بقيادة موريس هرزوج Maurice Herzog .

وأعلى جبال العالم هو الجبل الواقع على الحدود بين نيبال والتبت ، ويبعد ١٥٠ كيلومترا من الحد الشرقى لنيبال . ولم يحدد ترتيبه إلا فى سنة ١٩٥٢ بصورة لا تمنع الشك . وقد أظهرت عمليات المسح أن أعلى قمة له تزيد عن ٨٨٠٠ متر ، ولا توجد قمم أخرى تضاهى ارتفاعه . **والارتفاع الدقيق لهذه القمة كما يحسب حاليا ٨٨٤٨ مترا . وهذه القمة تماثل ١,٨٤ مرة قمة الجبل الأبيض ، وتماثل ثلاث مرات قمة جبل أوليبا . ويسميه سكان التبت شومولنجما** Chomolungma (الإله الأم للعالم) ، ولمرة واحدة تقدر هيبة جبل محلى حق تقديرها . ففى سنة ١٨٦٥ ، تم تسميته **جبل إفرست** Mt. Everest ، على اسم جورج إفرست الذى شغل منصب مدير عام المساحة فى الهند فى الفترة من ١٨٢٣ إلى ١٨٤٣ .

بدأت محاولات صعود جبل إفرست بواسطة متسلقى جبال بريطانيين فى سنة ١٩٢٠ . وكان من بين أكثر المتحمسين جورج لى مالورى **George Leigh Mallory** (١٨٨٦ - ١٩٢٤) ، الذى عندما سئل لماذا رغب فى تسلق جبل إفرست ، قال إجابته الموجزة والملهمة "لأنه هناك!" وهذا هو السبب المغضب (والرائع) الذى يكمن وراء العديد من انتصارات البشرية وكوارثها .

فى سنة ١٩٢٤ ، واصل مالورى وزميله أندرو سى . إيرفن تقدمهما من أعلى مستودع (محطة) ، وكان المتسلقون الذين ظلوا خلفهم يشاهدونهما من مسافة ٣٣٠ مترا من القمة ، بعد ذلك تواريا بين السحب ، ولم يشاهدهما أحد أبداً مرة أخرى . وفى سنة ١٩٣٣ ، كاد يتم الوصول إلى القمة ولم تكن بصورة فعلية . وبالإجمال ، جرت بين سنة ١٩٢١ وسنة ١٩٣٨ سبع محاولات لقياس جبل إفرست من منحدرات التبت ، وباءت جميعها بالفشل .

بعد ذلك نشبت الحرب العالمية الثانية عام ١٩٣٩ ، وبدأ الغزو الشيوعى الصينى للتبت سنة ١٩٤٩ . وفى تلك الفترة استعد متسلقو الجبال للتحرك مرة أخرى ، وكانت التبت مغلقة . وفى عامى ١٩٥١ و١٩٥٢ ، جرت ثلاث محاولات من الجانب النيبالى ، وفشلت جميعها ، على الرغم من أن إحدى هذه المحاولات كانت تبعد عن القمة حوالى ٣٠٠ متر .

وفى سنة ١٩٥٣ ، تم التخطيط فى النهاية لأكبر حملة ، تلك الحملة التى استغلت كل إمكانات التكنولوجيا المتقدمة . فقد استُخدم فيها أسطوانات الأكسجين ، والأحذية والملابس العازلة ، وأجهزة اللاسلكى وهكذا . وقد أقيمت ثمانية معسكرات ، وتم الصعود بصورة منتظمة حتى التاسع والعشرين من مايو ١٩٥٣ ، ووقف **إدموند. ب . هيلارى** **Edmund . P. Hillary** (١٩١٩ -) وهو مربى نحل نيوزلندى ، ومرشد نيبالى ، **تنزنج نوركاى** **Tenzing Norkay** (١٩١٤-) **على أعلى قمة جبل فى العالم** .

ومنذ ذلك الحين ، تكرر صعود جبل إفرست مرات عديدة ، وتم قياس قمم الجبال العالية الأخرى .

وفى هذا الاتجاه أيضا ، ظهر أن الأفق قد وصل إلى غايته .

الكهوف

سطح الأرض لا يؤدى فقط إلى الصعود إلى أعلى ، لكنه مع ذلك إلى حد ما يؤدى إلى النزول إلى أسفل ، لأن قشرة الأرض العليا ليست بالضرورة صلبة . فقد توجد التجاويف ، إما لأن الحمم المنصهرة تتجمد حول فقاعة هوائية ، أو لأن الصخور القابلة للذوبان تبلى تدريجياً بفعل مياه المطر والينابيع . ونتيجة لذلك تنشأ الكهوف .

وفى العصور البدائية ، شكلت الكهوف مأوى جيداً للإنسان . فقد كانت تحميه من الحيوانات المفترسة والطقس ، وكان يمكن تدفئتها بسهولة بواسطة مواقد النيران . وقد وجدتْ العديد من الحفريات والآثار الأخرى من زمن العصر الجليدى فى الكهوف ، ويحتوى بعض هذه الكهوف على رسومات تعتبر الدلائل الأولى على الرغبات الفنية الشديدة للإنسان .

وعلى قدر ما هو معروف ، فإن أطول نظام كهوف فى العالم ، هو ما يسمى بكهف ماموث Cave Mammoth فى كنتاكى ، الذى يبعد حوالى ١٣٥ كيلومترا جنوب غرب لويسفيل Louisville . ويستطيع المرء أن يرى الطرقات المتداخلة بصورة معقدة لمدى ٢٣٢ كيلومترا ، وهو ضعف طول أطول امتداد نظام كهفى ، وهو كهف هولوك Hol-loch Cave فى سويسرا .

وقد أصبح علم السبيليوجيا Speleology (وهو علم دراسة الكهوف والأغوار واكتشافها) دراسة منظمة قرب نهاية القرن التاسع عشر ، وأصبح استكشاف الكهوف من الرياضات المثيرة (التى يطلق عليها أحيانا هواية اكتشاف الكهوف ودراستها) .

وفى السادس من أبريل ١٨٤١ ، دخل رجل يدعى أنطونيو ليندنر Antonio Lind-ner كهفا بالقرب من ترستى Trieste (حينذاك فى مملكة النمسا والمجر) إلى نقطة تقع على عمق ٣٢٩ مترا أسفل مدخل الكهف . وكانت تلك النقط أعمق النقاط التى يصلها إنسان فى ذلك الوقت ، وظلت علامة بارزة فى بقية القرن التاسع عشر .

وشهد القرن العشرون نشاطا استكشافيا هائلا . فقد وجدتْ أعمق الكهوف فى فرنسا (المقابلة للأكثر امتداداً) . وعلى قدر علمنا كان أعمقها جميعها ، هو هوّة دى لا بيير القديس مارتن Gourffre de la Pierre St. Martin فى غربى جبال البرانس . وفى

٨ نوفمبر إلى ١١ نوفمبر سنة ١٩٦٩ ، وصلت مجموعة استكشافية إلى نقطة تصل إلى ١١٧٣ مترا من مدخل الكهف .

ولا يمكننا التأكد من أنه لا توجد كهوف أعمق في أى مكان ، لكنه من غير المحتمل أن تكون هذه الكهوف عميقة جدا ، لأن الضغط يتزايد بسرعة كلما اخترق المرء طبقات الصخر السفلية . وتتزايد درجات الحرارة بسرعة أيضا ، وتعمل درجات الحرارة والضغط على دمج أية تجويفات توجد على عمق أكثر من كيلومتر . ونتيجة لذلك فالكهوف هى بالضبط ظواهر سطحية من الأرض ، والاعتقاد (الذى غالبا ما يوجد فى الخرافات العلمية الكاذبة ، وفى قصص الخيال العلمى البدائية ، وفى أفلام السينما الهابطة) بوجود مغارات تؤدى إلى أسفل إلى تجويف مركز الكوكب هى بالقطع أفكار خيالية .

ويقينا ، قام الإنسان بالحفر فى الأرض منذ العصور الأولى بحثا عن الماء ، أو عن خامات المعادن ، وقد بلغ الحفر أعماقًا كبيرة بحثا عن هذه المواد .

فى مونتانا ، حفر بئر فى شهر أكتوبر – نوفمبر ١٩٦١ ، وصل إلى عمق ٢٢٣٠ مترا ، ضعف أعمق نقطة معروفة لكهف طبيعى .

ولا يزال الإنسان فى بحثه عن الذهب سيحفر أكثر من هذا العمق ، ويوجد فى جنوب أفريقيا أعمق المناجم ، ويبلغ عمق أحدها فى كارتلنوفيل Carltonville ٣٥٤٠ مترا ، فى أبريل ١٩٧٤ . وعند هذا العمق ، يجب استخدام وسائل التبريد بالهواء حتى يستطيع عمال المناجم مواصلة العمل تحت وطأة درجات الحرارة العالية . وعند هذا العمق أيضًا ، تشكل الضغوط المتولدة على الصخر بسبب طبقات الصخر الأعلى خطرا قائما لانهيار النفق . ولا يحتمل أن يتمكن الإنسان من أن يحفر أعمق من هذا دون استخدام تكنولوجيا متقدمة .

ومع ذلك ، يجرى حفر الحُفَر الأعمق من أجل شىء مرغوب ألا وهو البترول ، ويوجد أعمق حفر بترولى حاليا فى أوكلاهوما Oklahoma ، حيث تم الوصول إلى عمق ٩٥٨٣ مترا ، وتبلغ المسافة التى يصلها هذا العمق ، مسافة تزيد على ارتفاع جبل إفرست .

الفصل الخامس

المحيط

سطح المياه

لقد كنا نتعامل ، حتى الآن ، مع اتساع أفق الإنسان الذى تعلق فى المقام الأول بسطح الأرض ، واعتبرنا البحر ما هو إلا طريق سريع ، كأى طريق يصل ما بين منطقة وأخرى على سطح الأرض . وأيضا فالبحر يغطى بالفعل ٧٠٪ من سطح الأرض ، ويعتبر فى حد ذاته مجالا للدراسة - لذا يعتبر أفقًا جديداً .

جاب البشر بمراكبهم الشراعية والبخارية كل أنحاء المحيطات ، وقد كان اهتمامهم ينصب عادة على السطح فقط . فقد تجاهل البشر فى معظم الأحيان حجم المياه الضخمة التى تقع تحت سطح البحر - وهى المناطق التى تعيش فيها الأسماك وصور الحياة الأخرى ، والتى تعتبر أكثر ثراء فى كمياتها وأقدم من الناحية التطورية من الحياة على سطح الأرض .

وصحيح ، لا يعتبر البشر غرباء تماما عن عالم البحر ، فالإنسان **Homo sapiens** (بوصفه نوعا بيولوجيا) هو حيوان ثديى يعيش على البر ويمكنه من غير ريب أن يظل طوال حياته بعيدا عن الماء (إلا عندما يحتاج الماء للشرب) . وعلى الرغم من ذلك ، يستطيع البشر - إن أرادوا - أن يسبحوا فى البحر ويتحركوا خلاله هنا وهناك .

وتستطيع العديد من الثدييات البرية أن تسبح بسهولة وتواصل سيرها فى الماء بنفس أعضاء الحركة الأساسية التى تجعلها تسير على سطح الأرض . والبشر لسوء الحظ ليسوا من ذلك النوع . فطريقة سيرهم على الأرض تتم بواسطة قدمين شديدتى التخصص ، لا تعملان بكفاءة فى المياه . وفى الماء ، يجب أن يعود الإنسان إلى

وضعية الأقدام الأربع ، ويستخدم أطرافه الأربعة ، وهو الشيء الذى يجب عليه أن يتعلمه ويتمرن عليه .

وعلى الرغم من ذلك ، فبمجرد أن يتعلم الإنسان استخدام أطرافه الأربعة تصبح السباحة من الرياضات الممتعة ، ويستطيع العديد من الناس الاشتراك فى رياضة السباحة فى أى وقت شاءوا .

يستطيع المرء أن يسبح وجسمه مغمور تماماً تحت سطح الماء ، كما يستطيع أن يجدف أو يغوص تحت الماء . ومع ذلك ، فالإنسان غير مهيأ بأية حال لهذا الغرض . لا تستطيع الناس المكوث تحت الماء إلا بالقدر الذى يستطيعون فيه حبس أنفاسهم ، ولا يحدث هذا إلا بالممارسة ، ويكون المكوث تحت الماء لفترة زمنية محدودة .

ويعد بقاء الإنسان العادى تحت الماء لمدة دقيقة من الأمور الصعبة . ويستطيع المتمرسون بعد فترة مران طويلة البقاء تحت الماء لمدة دقيقتين ونصف . والغطس تحت الماء لمدة خمس دقائق يعد عملاً فى منتهى الصعوبة بالنسبة لأى إنسان ، لأن المخ يستهلك فى تلك المدة كل المورد المتاح له من الأكسجين ، ويحدث به إتلاف دائم .

وبطبيعة الحال ، يمكن للحيوانات الأرضية أن تتكيف على العيش فى الماء بصورة أفضل . فالحيتان وما شابهها تعتبر أفضل الحيوانات المهيأة لهذا الغرض من الحيوانات الأرضية للعيش تحت الماء . وقد تهيأت هذه الحيوانات للعيش تحت الماء حتى إنه على الرغم من أنها تطورت من أسلاف كانت تعيش على البر ، فإنها لم تعد تستطيع العيش بعيدا عن الماء . تحمل الحيتان من أسلافها الذين عاشوا على الأرض الكثير من شكلها ووظيفتها ؛ فهى تحمل . على سبيل المثال ، رئتين وتتنفس الهواء على الرغم من أنها لم تخرج من الماء ، وهى مع ذلك ليس محكوماً عليها العيش فوق سطح الأرض مثلنا . ويمكن لحوت العنبر Sperm Whale ، أضخم الحيتان ذات الأسنان ، البقاء تحت الماء لمدة ساعة وربع الساعة ، فى حين ذُكِر عن الحوت ذى الأنف المختفى bottle-nosed whale الأكثر صغرا أنه يظل تحت الماء قرابة الساعتين .

لا يستطيع الإنسان الغوص بعيدا تحت الماء ، حيث يرتفع ضغط الماء كلما ازداد العمق ويضع بسرعة حداً للبقاء البشرى تحت سطح الماء . وعندما تكون المكافآت مجزية ، يستطيع البشر قهر تلك الحدود ، فغواصو اللؤلؤ ، الذين يجمعون المحارات

من مياه البحر الضحلة ، يمكنهم الغوص حتى عمق ١٥ مترا أو أكثر ، ويظلون تحت الماء لمدة دقيقتين قبل أن يصعدوا إلى سطح البحر للتزود بالهواء . والأكثر من ذلك ، أنهم كانوا يقومون بذلك فى عهود الحضارة الأولى فى البحر المتوسط وفى الخليج الفارسى (العربى) . وسجلت الأرقام الحديثة بشراً يغوصون تحت الماء بدون أجهزة غوص لعمق قد يصل إلى ٣٠ مترا ، غير أن حوت العنبر فى بحثه عن الغذاء يمكنه الغوص حتى عمق ٩٠٠ متر .

يستطيع البشر تحسين أدائهم تحت سطح الماء إذا ما استخدموا براعتهم . فهناك غطاء شفاف مانع للهواء يلبسه السبّاح على وجهه ، ومع أنه لا يمد الجسم بأى هواء إلا أنه يحمى العينين على الأقل ويجعل الرؤية سهلة . وتعتبر الواقيات الشفافة ، المصنوعة من عظم السلحفاة الخفيف أدوات بدائية جداً بالنسبة لمثيلاتها الحديثة لكنها صالحة للاستعمال ، فقد استعملها غواصو الخليج الفارسى منذ القرن الرابع عشر .

وبدأ استخدام الجواحظ الزجاجية **Glass Goggles** فى ستينيات القرن التاسع عشر . وفى ثلاثينيات القرن العشرين بدأ استخدام أنابيب قصيرة يوضع أحد طرفيها فى الفم ويبرز الطرف الآخر لأعلى فوق سطح الماء (وتسمى الشنركل ، وهى أداة للتنفس تحت الماء أثناء السباحة ، وهى من كلمة ألمانية بمعنى خرطوم) كطريقة للتنفس تحت الماء . ومع ذلك فلم تساعد هذه الوسيلة على الوصول إلى أعماق كبيرة جدا ، لأن ضغط الماء على خارج الصدر كان أكبر من الضغط الجوى داخل الصدر ، وحتى عند أعماق ضحلة أصبح من الصعب للصدر أن يتسع وأن يستنشق بسبب ضغط الماء .

فى سنة ١٩٣٣ ، بدأ استخدام زعانف القدم المطاطية ، وساعدت السباحين الجواحظ الزجاجية وأدوات التنفس تحت الماء والزعانف على الغوص تحت الماء بكفاءة عالية ، ولفترة زمنية أطول من الفترة التى كانت تستخدم فيها أدوات التنفس البسيطة. وعلى الرغم من هذا ، لا تكون السباحة إلا تحت السطح مباشرة . ويدل مصطلح "السباحة العميقة" **Skin diving** المستخدم فى هذه الممارسات على أنها لا تتم إلا تحت "السطح الخارجى" للماء فقط .

وأثناء الحرب العالمية الثانية ، قام الغواصون المزودون بقناع وجه وزعانف باستطلاع الشواطئ وزرع المتفجرات فى أوعية تحت خط الماء . واستخدمت القوات المسلحة الإيطالية الضفادع البشرية frogmen لأول مرة ، وبعد ذلك استخدمتها القوات المسلحة فى دول أخرى .

ومع ذلك ، فالمطلوب بالفعل ، هو ألا يحتاج السباح تحت الماء إلى هواء السطح ، على الأقل لفترة من الوقت . وخلال الحرب العالمية الثانية ، بدأ غواصو الأعماق يحملون أسطوانات الهواء المضغوط ، التى يمكن إخراج النفس منها فى علبة معدنية مثقبة تحتوى على مادة لتنقية الهواء وتسمح باستخدامه مرة أخرى . وقام بتطوير هذا النظام لأول مرة سنة ١٩٤٣ ، ضابط بحرية فرنسى يدعى جاكويز يافيز كوستو Jacques-Yves Cou-steau (١٩١٠ -) وأطلق على هذه الأجهزة اسم الرئة المائية aqua-lungs ، وأصبحت الرياضة الشعبية بعد الحرب هى "سباحة سكوبا "scuba diving ، وهى اختصار لكلمة جهاز التنفس الذاتى تحت الماء "self-contained underwater breathing apparatus" .

يستطيع الغواصون المهرة باستخدام أجهزة سكوبا الغوص تحت الماء لأعماق تصل إلى ٦٠ مترا ، ويمكنهم البقاء تحت سطح الماء لبعض الوقت . ومع ذلك ، فعند ضغوط مائية كبيرة يذوب غاز النتروجين فى الدم إلى درجة أكبر من ذوبانه عند الضغوط الهوائية العادية ، وفى النهاية ، يمكن أن يؤدى ذلك إلى نوع من التسمم ، يغوى الغواصين بالبقاء تحت الماء لفترة أطول أو الغوص لأعماق أكبر ، ويكون الموت هو النهاية المنتظرة .

ومع ذلك فحتى عمق ٦٠ مترا يعتبر ضحلاً جداً إذا ما قورن بالعمق الكلى للمحيط ، ولا يزال غواصو سكوبا المهرة يغوصون فى الطبقة السطحية من البحر ليس إلا .

أعماق البحار

كان أول تعبير من قبيل الفضول عن الأعماق الكبيرة للمحيط التى نعرفها من فيلسوف إغريقى هو بوسديونوس Posidonius . وحوالى سنة ١٠٠ ق .م ، يعتقد أنه قاس عمق منطقة فى البحر المتوسط لا تبتعد كثيراً عن شواطئ جزيرة سردينيا ، وتوصل إلى عمق يصل إلى ١,٨ كيلومترا بمقاييسنا الحديثة .

وظلت تلك المحاولة هى الوحيدة لقياس عمق البحر ، إن لم تكن مجرد قصة مختلقة . وبدأ اهتمام علماء القرن الثامن عشر يتزايد بأعماق البحار ، وكان هذا فى المقام الأول من قبيل الاهتمام بحياة فى البحر .

كيف يستطيعون ملاحظة صور الحياة تحت سطح المحيط؟ نادراً ما يمكنهم إنجاز الكثير عن طريق الغوص لمسافة قصيرة وملاحظة صور الحياة لفترة قصيرة . لماذا لا يعكسون الأشياء ويأتون بالكائنات الحية من الأعماق إلى السطح ؟

فى سبعينيات القرن الثامن عشر ، اخترع بيولوجى دنمركى ، هو أوتو .ف . مولر Otto F. Muller (١٧٣٠ - ١٧٨٤) شبكة dredge . كانت عبارة عن شبكة قوية يحيط بها إطار من الحديد ، ويمكن إنزالها عدة أمتار تحت سطح الماء ، ويتم إخراج الكائنات الحية التى تقع فى شراكها إلى السطح .

وأحد الأشخاص الذين استخدموا الشبكة بنجاح ملحوظ ، هو البيولوجى الإنجليزى ، إدوارد فوربس الابن Edward Forbes,Jr (١٨١٥ - ١٨٥٤) . فخلال ثلاثينيات القرن التاسع عشر ، استخرج فوربس الحيوانات البحرية من بحر الشمال ومن بحار أخرى حول الجزر البريطانية . بعد ذلك التحق فى سنة ١٨٤١ ، بسفينة بحرية كانت تبحر نحو شرقى البحر المتوسط ، وقام باستخراج الكثير من الحيوانات البحرية بطريقة أفضل من أى شخص سبقه ، ودرس جميع أنواع الكائنات الحية التى أحضرها . وعلى سبيل المثال ، فقد استخرج قنديل البحر starfish من عمق ٤٠٠ متر.

لا يمكن للنبات أن يعيش إلا فى الطبقات العليا من المحيط ، لأن أشعة الشمس لا تنفذ تحت الماء لعمق أكثر من ٧٥ مترا أو نحو ذلك . ولا يستطيع الحيوان البقاء (فى نهاية الأمر) بدون الحياة النباتية . وبدا لفوربس ، نتيجة لذلك ، أن الحيوان لا يستطيع البقاء طويلا تحت المنسوب الذى لا توجد فيه النباتات . وفى الواقع ، فقد شعر بأن الـ ٤٠٠ متر التى استخرج منها قنديل البحر كانت تقريباً حد الحياة فى البحر ، وأن الأعماق التى تزيد عن ٤٠٠ متر ، يكون فيها المحيط مقفرا وبلا حياة .

ومع ذلك ، فحتى بتقريره هذا فقد ظهرت دلالة على عكس ذلك . فقد كان جيمس كلارك روس الذى استكشف شواطئ الأنتاركتيكا فى سنة ١٨٤١ (انظر الفصل السابق) ينوى القيام بما هو أكثر من مجرد رسم خريطة لهذه الشواطئ . فقد كان يحاول التعرف على كل شىء عن المحيط بعيداً عن هذه الشواطئ أيضا .

فإذا تجاهلنا قصة بوسيدونيس المشكوك فى صحتها ، فإن روس هو أول من حاول تحديد مدى عمق المحيط . فقد قام بإنزال كبل ثقيل طويل ، على أمل أن يرتطم بالقاع ، واستخدم أيضا شباكًا تهبط لعمق أكبر مما قام به أحد من قبله ، واستخرج كل أنواع الحياة البحرية من عمق يصل إلى ٧٣٠ مترا ، تحت المنسوب الذى وصل إليه فوربس .

لم يكن لتقرير روس تأثيراً كبيراً فى ذلك الوقت ، لكن شيئًا آخر قد حدث بعد سنوات قليلة ، كان على ما يبدو عديم الصلة تماما ، لكنه جعل استكشاف أعماق البحر يحظى باهتمام كبير .

فى سنة ١٨٤٤ ، أنشأ المخترع الأمريكى صموئيل . ف. ب. مورس Samuel F.B. Morse (١٧٩١ - ١٨٧٢) أول خط تلغراف . وكان يمتد من بالتيمور بولاية مريلاند إلى واشنطن دى سى . مسافة ٦٥ كيلومترا ، ولأول مرة أصبحت الاتصالات مهمة بصورة جوهرية .

كان التلغراف اختراعا بسيطًا (بمجرد أن اخترع) ، وأمكن مد مجساته للخارج باستثمارات بسيطة نسبيًا . وسرعان ما أصبح العالم الصناعى فى أوروبا وأمريكا الشمالية متصلاً ببعضه البعض بواسطة لفات من الأسلاك تمتد على طول أعمدة مثبتة فى الأرض .

بيد أن الماء كان يفصل بعض الأماكن عن بعضها ، ولا يمكن تثبيت أعمدة التليفون فوق الأنهار أو أذرع المحيط الداخلة فى البر . وكانت إحدى الطرق هى لف الأسلاك بغلاف عازل للماء ، وصنع كوابل من هذه الأسلاك . وحينئذ يمكن مد الكبلات لمسافة تحت قاع الماء .

وقد وضعت على سبيل المثال ، الكبلات عبر قيعان نهر هدسون والميسيسبى فى أربعينيات القرن التاسع عشر . وفى خمسينيات القرن التاسع عشر ، تم وضع كبلات عبر القنال الإنجليزى والبحر الأيرلندى . وقد ساعد هذا الكبل على ربط إنجلترا وأيرلندا وفرنسا بشبكة تلغرافية .

وقد كان هذا العمل الضخم يتمثل فى مد كبل بمسافة حوالى ٥٠٠٠ كيلومتر عبر المحيط الأطلنطى لربط أوروبا بأمريكا الشمالية .

ويمكن اعتبار هذا العمل فى غاية الأهمية ، ففى ديسمبر ١٨١٤ ، وقَّعت بريطانيا العظمى والولايات المتحدة معاهدة سلام فى مدينة جنت ببلجيكا ، التى أنهت حرب عام ١٨١٢ . ومع ذلك ، لم تصل أخبار المعاهدة إلى الولايات المتحدة إلى أن سافرت مركب إلى الولايات المتحدة عبر المحيط الأطلنطى ومعها المعلومات - واستغرق هذا السفر ستة أسابيع . وقبل أن تصل المركب الولايات المتحدة ، نشبت معركة نيو أورليانز ، فى ٨ يناير ١٨١٥ ، وكانت من أكبر المعارك وأكثرها عنفًا ، لكنها نشبت بعد انتهاء الحرب . ويمجرد أن تم وضع الكبل عبر المحيط الأطلنطى ، لم يكن يحدث شىء كهذا مرة أخرى .

كان الممول الأمريكى سيروس وست فيلد Cyrus West Field (١٨١٩ - ١٨٩٢) عاقداً العزم على مد كبل عبر الأطلنطى . وفى سنة ١٨٥٤ ، أسس شركة أمريكية للإنفاق على المشروع ، والقيام بالأعمال المطلوبة . واهتم العالم البريطانى ويليام طومسون William Thomson ، الملقب باللورد كلفن (١٨٢٤ - ١٩٠٧) بالأوجه العلمية للمشروع ، وابتكر طرقًا لتقوية الإشارة بصفة دورية ، بحيث يمكنها جعل الإشارة المنقولة عبر المحيط واضحة ، ولا تنتهى إلى مجرد ضوضاء وشوشرة .

وُضِع الكبل بشكل نهائى فى سنة ١٨٥٨ ، وامتد من نيوفوندلند إلى أيرلندا ، وقد استطاع الرئيس بوشانان والملكة فكتوريا أن يتبادلا التحية عبر الهاتف ، إلا أن مادة العزل سرعان ما تلفت ، وأصبح الكبل عديم الفائدة .

وعلى رغم هذا فإن فيلد الذى كانت لديه عزيمة لا تقهر ، وعلى الرغم من تبديد ثروته (التى صنعها من الاتجار فى الورق) بدأ من جديد مرة أخرى . وفى هذه المرة تلقى مساعدة من الجريت إيسترن Great Eastern ، وهى أول سفينة بخارية يمكن اعتبارها أعظم خط ملاحى عابر للمحيط بالمعنى الحديث . فقد كان طولها ٢١١ مترا ، طويلة جدا ، وأكبر من أية سفينة كانت موجودة سنة ١٨٥٨ ، عندما بدأ تدشينها . فقد كانت فى الواقع طليعة زمانها ، ولا يمكنها عبور الأطلنطى بشحنة كاملة . لقد كانت تحفة فنية ، لكنها كانت كارثة اقتصادية . فقد وجدت العمل فى النهاية ، لأنها كانت تصلح لنقل أطنان عديدة من الكبلات يجرى مدها فى قاع المحيط .

وفى سنة ١٨٦٦ ، تم مد أول كبل بصفة دائمة ، وتبعته كوابل أخرى ، إلى أن أصبحت الاتصالات الكهربية فى النهاية لا يعوقها عائق سواء من محيط أطلنطى أو من غيره .

كان لكل هذا تأثيره على المعرفة العلمية بأعماق المحيط . فإن كان الكبل سيوضع فى قاع البحر ، فيجب أن تتوفر بعض المعلومات عن مدى عمق هذا البحر ، ومدى استوائه أو عدم استوائه ، وما إن كان هناك مسار أفضل من مسار آخر .

كان الرجل الذى قام بهذا العمل هو الضابط البحرى الأمريكى ماثيو فونتين مورى Matthew Fontaine (١٨٠٦ - ١٨٧٣) . فبعد تقاعده من الخدمة نتيجة حادث وقع له فى مركب سفر تقل المسافرين على خط ملاحى سنة ١٨٣٩ ، واضطراره للقيام بأعمال مكتبية ، بدأ يدرس رياح وتيارات المحيط التى جعلته يشتهر بلقب "أبو علوم البحار" .

وكان العمل الموكل إليه سنة ١٨٥٠ فى المشروع العظيم لمد الكبل ، هو تحديد أعماق المحيط ، وإعداد خريطة يوقع عليها القطاع الطولى لقاع البحر . وفى تلك الأيام ، كانت الطريقة الوحيدة لقياس عمق المياه فى البحر هى إنزال خيط طويل (مجس) حتى يصطدم بالقاع ، وبعد ذلك يتم تحديد العمق الذى وصل إليه المجس .

لم تكن المهمة سهلة ، فقد كان المحيط على درجة كبيرة من العمق مما يتطلب مجسًا طويلاً يصعب إنزاله وإخراجه . والأكثر من ذلك ، كان يتطلب إنزال وسحب المجس وقتا أطول ، ولا يستطيع المرء أن يتأكد تماما من أن المجس هبط بصورة رأسية تماما - أو ما إذا كانت تيارات المحيط جرفته أمامها مما يعطى قياسًا غير حقيقى لأعماق المحيط . ثم كان هناك أيضا ، احتمال نزول المجس فى أخدود أكثر انخفاضا من قاع المحيط الرئيسى ، أو اصطدامه بقمة تل أعلى بعض الشىء من قاع المحيط . كان هناك شعور عام بأن قاع المحيط بالإجمال بلا ملامح ، وأن حركة المياه ستعمل على تسوية التفاوت فى قاع المحيط وملأ الأخاديد برواسب العكارة . ولم تستطع القياسات البسيطة نسبيا التى استطاع مورى الإشراف عليها أن تغير كثيراً من هذا الشعور .

وعلى الرغم من هذا ، ففى سنة ١٨٥٥ ، اكتشف مورى أن المحيط الأطلنطى يبدو أكثر ضحالة بصورة ملموسة فى الوسط عن جانبيه . وأطلق مورى على هذه المنطقة الضحلة المركزية الهضبة التلغرافية Telegraph Plateau ، تيمُّنًا بالكبل الذى سينقل الرسائل التلغرافية عبر المحيط .

كانت إحدى السفن التى كُلِّفت بإجراء قياسات العمق (أو مجسات) ، هى السفينة البريطانية بول دوج Bulldog ، التى أبحرت سنة ١٨٦٠ . وكان على ظهرها الطبيب البريطانى ، جورج . سى . واليش George C.Wallich (١٨١٥ – ١٨٩٩) ، وكان معنيا بأية اكتشافات تتم عن حياة البحر . وقد كان يراقب فى أكتوبر عندما رُمى وجُذِب مجس من على السفينة عند بقعة فى المحيط الأطلنطى توجد فى منتصف المسافة بين الطرف الشمالى لأسكتلندا والطرف الجنوبى لجرينلند .

نزل المجس إلى عمق ٢٣٠٠ متر ، وعندما وصل إلى سطح البحر وجد بجوار طرفه السفلى ١٤ قنديلا بحريًا . والأكثر من هذا ، لم تكن قناديل بحر ميتة هبطت إلى أعماق المحيط ، لكنها كانت قناديل حية بالفعل .

وأعد واليش فى الحال تقريرا عن ذلك ، أكد فيه على أن الحياة الحيوانية يمكن أن توجد فى أعماق البحر المظلمة الباردة حتى بدون وجود نباتات .

كان البيولوجيون لا يزالون غير مصدقين هذا ، واهتم بيولوجى أسكتلندى يدعى شارلس . و . طومسونCharles W.Thomson (١٨٣٠ – ١٨٨٢) بهذا الموضوع . وفى سنة ١٨٦٨ ، ذهب إلى شمال الأطلنطى على ظهر السفينة لايتننج Lightning .

وقد قام بالفعل ببحث الموضوع . فعندما أنزل شباكه فى المياه العميقة ، حصل على حيوانات من كافة الأنواع ، وانتهت المسألة تمامًا . وتلاشت فكرة فوربس عن وجود أمد أدنى للحياة فى البحر لا تستطيع بعده الكائنات الحية البقاء .

وقام طومسون باكتشاف على درجة من الأهمية عندما قاس درجة حرارة المياه عند أعماق مختلفة . وحتى ذلك الحين ، كان يعتقد أن درجة حرارة الماء فى البحر العميق تنتظم عند ٤ درجات مئوية ، تصل عندها المياه إلى أقصى كثافة ، ومن الطبيعى أن تهبط إلى القاع . ومع ذلك أوضح طومسون أن درجة حرارة الماء عند عمق معين تتغير من مكان إلى آخر . وكانت بعض الأماكن أدفأ قليلا من ٤ درجات مئوية .

من أين جاء الماء الدافئ ؟ يبدو من المحتمل أنه قد جاء من طبقات عليا كانت دافئة بفعل الشمس . وهذا يعنى أنه لابد وأن تكون هناك تيارات مائية تحمل الماء من سطح المحيط إلى الأعماق . ويجب نتيجة لذلك أن تكون هناك تيارات أخرى تنقل الماء من الأعماق إلى السطح . وبمعنى آخر ، يدور الماء خلال المحيط كله ، وهكذا بدأت فكرة الحياة فى أعماق المحيط تبدو فكرة معقولة .

الماء الموجود فى سطح المحيط يذيب الأكسجين من الهواء ، وتعيش الحياة الحيوانية فى البحر على هذا الأكسجين المذاب . وتحمل تيارات المحيط هذا الأكسجين المذاب المسافة كلها حتى قاع المحيط ، وبذلك تستطيع الحياة الحيوانية أن تجد الأكسجين الذى تحتاجه عند كل الأعماق .

وتستطيع الحيوانات الموجودة فى العمق أن تجد الطعام أيضًا ، حتى فى غياب النباتات . وعندما يتغذى حيوان على نبات أو حيوان ، فإن بقايا الشيء المأكول تتحلل وتهبط إلى القاع . وأحيانا ، تموت النباتات أو الحيوانات فى الطبقات السطحية دون أن تؤكل ، وتهبط لأسفل . وعندما تهبط هذه المادة التى كانت حية فى وقت ما إلى أسفل ، فإن الحيوانات الموجودة عند المستويات المنخفضة فى الماء تتلقفها وتأكلها ، وتساهم هذه الحيوانات بذاتها فى محصول الطعام ، الذى يضاف وفى النهاية تصل هذه المواد الدقيقة المضافة والمستخلصة من كل الحيوانات إلى قاع المحيط .

ولو كان هذا هو كل شيء ، فسوف تنتقل كل المواد الكيمائية التى تدعم الحياة الموجودة فى طبقات المياه السطحية بصورة تدريجية إلى قاع المحيط . وسوف تستنزف الطبقات السطحية ، وتحتضر الحياة فى السطح وتحتضر معها الحياة فى الأعماق والحياة على اليابسة . ومع ذلك ، فعند عودة تيارات المحيط التى تنقل الأكسجين من السطح إلى قاع البحر تنقل أيضا معها المواد الكيميائية من قاع البحر إلى السطح لكى تستمر دورة الحياة .

فى سنة ١٨٦٩ ، خرج طومسون فى سفينة أخرى ، هى سفينة بوركيوباين Por-cupine ، واستطاع أن ينزل شباكه حتى عمق ٤٤٠٠ متر ، وكان لا يزال فى إمكانه استخراج أنواع مختلفة من الحيوانات . وقد كان على يقين من أن الحياة موجودة حتى قاع المحيط مهما بلغ هذا العمق . وعقد العزم آنذاك على القيام بحملة مجهزة تزور كل محيطات العالم .

وأبحر طومسون فى ٧ ديسمبر سنة ١٨٧٢ ، على ظهر السفينة تشالنجر ، وظل فى البحر قرابة ثلاث سنوات ونصف السنة . جابت تشالنجر كل المحيطات ، وقطعت مسافة ١٢٥٠٠٠ كيلومتر . وجرى قياس عمق المحيط فى ٣٧٢ موقعًا مختلفًا . وفى المحيط الباسيفكى ، الذى اتضح أنه أعمق المحيطات وأكبرها ، كانت هناك أماكن

وصل فيها عمق المحيط إلى ٧,٢٥ كيلومترا من سطح المحيط . وكانت تستخرج كائنات حية حتى من أعمق الأماكن فى المحيط .

قاع البحر

على الرغم من الإنجاز الرائع الذى قامت به سفينة الأبحاث تشالنجر ، فلم يكن ما قامت به أكثر من مجرد ملامح عامة لجغرافية قاع البحر . فقد مثلت الـ ٣٧٢ جسة ، (جسة لكل مليون كيلومتر مربع من سطح المحيط) . ولكى نحصل على فكرة عما يجب عمله نحو تحديد شكل قاع البحر ، تخيل خريطة تضاريس للولايات المتحدة . كيف تبدو هذه الخريطة إذا اختار الجغرافيون سبعة نقاط فقط بصورة عشوائية لكل أنحاء البلاد ولا شىء أكثر من هذا ، هل تعطى هذه النقاط فكرة واضحة عن تضاريس الولايات المتحدة؟

لا يمكننا توقع أكثر من ذلك إن لم يحدث تقدم فى هذا المضمار . فقد كان تحديد الأعماق عن طريق إنزال مجسات فى قاع المحيط من الأعمال العويصة الشاقة التى تتطلب وقتاً طويلاً ، ولا تفى بالغرض . ولحسن الحظ فقد حدث تقدم فى هذا المضمار .

ينتقل الصوت بسرعة كبيرة تصل إلى ٣٣١ مترا فى الثانية ، أو ١١٩٢ كيلومترا فى الساعة فى الظروف القياسية . والأكثر من ذلك ، يمكن أن ينعكس الصوت فى ظروف معينة ، كما نعلم كل مرة نسمع ارتداد صدى قذيفة من سفح جبل . ومن الممكن تصور انتقال موجة صوتية مسافة ٣ كيلومترات وانعكاسها ، ويمكن اكتشاف صدى الصوت بعد ثمانى عشرة ثانية . وبالفعل ، فمن خلال زمن انبعاث الشعاع الأصلى واكتشاف صداه يمكن تحديد مسافة الجسم المرتد .

وكلما كان طول موجة الصوت أقصر كان انتقالها أسرع . ويمكن الحصول على نتائج أفضل من موجات صوتية لها أطوال موجية قصيرة جدا وعلى درجة من القصر حتى أن الأذن البشرية لا تسمعها (الموجات فوق السمعية ، وهى الموجات التى يفوق ترددها تردد الصوت المسموع) .

فى سنة ١٨٨٠ ، استنبط كيميائى فرنسى ، بيير كورى Pierre Curie (١٨٥٩ – ١٩٠٦) وأخوه جاكويز ، طريقة مناسبة لإحداث الموجات الصوتية عن طريق تعريض بللورات لتيار كهربى متذبذب . وفى سنة ١٩١٧ ، أثناء الحرب العالمية الأولى ، استنبط تلميذ كورى الفيزيائى الفرنسى بول لانجفنج Paul Langevin (١٨٧٢ – ١٩٤٦) طريقة لإرسال حزمة من نبضات فوق صوتية واكتشاف الصدى . وسميت هذه الطريقة "مركز الصدى" echo-location ، أو السونار [١] sonar ، والمصطلح الأخير هو الحروف الأولى لإرسال الصوت وتحديد المسافة sound navigation and ranging ، حيث تعنى ranging تحديد المسافة .

كان الهدف المباشر لجهاز لانفنج ، هو اكتشاف غواصات العدو ، ولكن خلال الوقت الذى قام فيه بإعداد جهازه لهذا الاستخدام كانت الحرب قد وضعت أوزارها .

ومع ذلك يمكن استخدام السونار فى أعمال غاية فى الأهمية فى زمن السلم . فيمكن استخدامه فى قياس عمق قاع البحر فى غضون ثوان معدودة ، دون خوف من التأثير المشوه للتيارات البحرية . وعلاوة على ذلك يمكن أن يعطى تسجيلاً مستمراً لكل جزء من أجزاء البحر من فوق ظهر السفينة ، ويمكن الحصول فى غضون خمس دقائق على ما قامت به السفينة تشالنجر طوال رحلتها كلها .

وأول سفينة تستخدم السونار بهذه الطريقة ، كانت سفينة ألمانية مخصصة لدراسة البحار ، هى السفينة ميتيور Meteor ، التى قامت بدراسة المحيط الأطلنطى فى عام ١٩٢٢ . وسرعان ما بات واضحا أنه لا توجد به معالم على الإطلاق ، وأن الهضبة التلغرافية ، كانت سلسلة جبلية أطول وأكثر وعورة من أى سلسلة جبلية على سطح الأرض ، وتمر بطول الأطلنطى ، وتتكسر قممها العليا خلال سطح المياه ، وتظهر فى صورة جزر ، مثل جزر الأزور Azores ، والأسكنشن Ascension ، وتريستان دا كونها Tristan da Cunha .

وأظهرت الجسات التى أجريت فيما بعد فى أماكن عديدة أن السلسلة الجبلية لم تكن مقصورة على المحيط الأطلنطى . ففى نهايتها الجنوبية تنحنى حول أفريقيا وتنتقل إلى المحيط الهندى وشبه الجزيرة العربية . وفى وسط المحيط الهندى ، تتفرع بحيث تستمر السلسلة جنوب أستراليا ونيوزلندا ، وبعد ذلك تتجه جنوباً فى دائرة هائلة

تحيط بكل المحيط الباسيفيكى (الهادى) . وما بدأ فى فكر الرجال على أنه سلسلة جبلية فى وسط الأطلنطى ، سرعان ما أصبح سلسلة وسط محيطية .

بعد الحرب العالمية الثانية ، تم جس كل تفاصيل قاع المحيط من خلال جيل جديد من جيولوجيين أمريكيين هما ويليام موريس أوينج William Moaurice Ewing (١٩٠٦ - ١٩٧٤) وبروس سى هيزن Bruce C. Heezen (١٩٢٤ - ١٩٧٧) وأظهرت الجسات التفصيلية لقاع المحيط فى سنة ١٩٥٣ ، أخدوداً عميقًا يجرى بطول سلسلة قشرة الأرض ، وفى منتصفها تماما . وكان هذا بداية فكرة انقسام القشرة الأرضية إلى عدد من "الألواح" الكبيرة التى تتحرك ببطء نسبيًا نحو بعضها البعض . كان هذا الأساس لـ"تكتونية الكتل القارية" (التشكيلات القشرية الصفحية " plate tectonics التى أحدثت تغيراً جذريًا فى علم الجيولوجيا ، إذ أوضحت أن نشوء الجبال والبراكين والهزات الأرضية ، وحتى مسار التطور البيولوجى يعتمد على الحركة البطيئة للألواح التكتونية .

وألقت المعارف الجديدة عن المحيطات ضوءًا أنار الطريق أمام جغرافية الأرض المعروفة . فعلى سبيل المثال ، فإن جبل إفرست الذى يبلغ ارتفاعه ٨٨٤٧ مترا فوق مستوى سطح البحر ، هو أكثر الجبال على سطح الأرض ارتفاعًا - إذا قسناه من مستوى سطح البحر . ومع ذلك ، يرتكز جبل إفرست على هضبة التبت ، والتى هى بنفسها على ارتفاع متوسط ٤٨٠٠ متر فوق سطح البحر . وإذا قسنا جبل إفرست من قاعدته بدلا من مستوى سطح البحر ، وهو قياس نظرى ، فلن يزيد ارتفاعه عن ٤٠٠٠ متر .

ولنأخذ ، فى المقابل ، جزيرة هاواى ، التى تعتبر أساسا جبلاً يبرز فوق سطح البحر . أعلى قممها ، هى قمة مونا كى Mauna Kea ، لا تزيد عن ٤٢٠٥ أمتار فوق سطح البحر ، لكنها ترتكز على قاع المحيط الباسيفيكى (الهادى) ، يختفى معظمه فى المحيط . ويصل ارتفاع جزيرة من قاعها إلى قمتها ١٠٠٠٠ متر ، وهى على هذا الأساس ، تعتبر أكثر جبال العالم ارتفاعًا .

وإذا أمكننا تصور الأرض جافة وأحواض محيطاتها فارغة من المياه ، فإن ارتفاع هاواى من هذا القاع الجاف سيكون ارتفاعًا غاية فى العلو ، وسوف نرى بلا أدنى صعوبة أنه أعلى جبال الأرض وأكبرها . (وإن يكن ذلك مع هذا ، فلن تكون

هاواى صعبة التسلق مثل قمة جبل إفرست ، لأن الأخير ، وهو الأعلى بالنسبة لسطح البحر ، ستكون قمته أكثر برودة ، ويغمرها هواء أكثر خفة من قمة هاواى).

وتوجد بالمحيط أيضا فجوات عميقة ، أخاديد غائرة ، إذا ما قارناها بالأخدود العظيم-Grand Canyon (٢) فسيعتبر شقًا فى الأرض . هذه الفجوات ، مع قيعان البحر الأكثر عمقا من العمق المتوسط للمحيط ، تعتبر الحدود القصوى للمحيط .

والأخاديد التى تقع جميعها بحذاء سلاسل الجزر ، لها مساحة كلية تصل حوالى ١٪ من قاع المحيط . وبهذه النسبة قد لا تبدو هذه المساحة بكبيرة ، لكنها تبلغ بالفعل نصف مساحة الولايات المتحدة .

ويوجد أخدود خارج الجزر الإندونيسية فى المحيط الهندى . وفى المحيط الأطلنطى توجد أخاديد خارج جزر الهند الغربية وجنوب جزر ساندوتش . وليس من الغريب أن تقع أعمق الأخاديد فى المحيط الباسيفيكى العملاق ، حيث توجد خارج جزر الفلبين وجزر السلمون والكريل واليوتن والمارياناس .

ويبلغ العمق المتوسط للمحيط الباسيفيكى حوالى ٤٢٥٠ مترا ، فى حين يصل عمق الأخاديد ضعف هذا الرقم . وفى سنة ١٩٥١ ، اكتشفت سفينة الأبحاث البريطانية تشالنجر الثانية Challenger II أن " أخدود مارينا" Marianas Trench هو أعمق هذه الأخاديد . واكتشفت أدنى أجزائه (الذى يسمى حاليا عمق تشالنجر Challenger Deep) وقاست هذا العمق الذى بلغ ١٠٩٠٠ متر . وفى سنة ١٩٥٩ ، أعلنت سفينة الأبحاث أن بقعة أخرى من عمق تشالنجر كانت تبلغ ١١٠٣٣ مترا .

إذن فأعمق أعماق المحيط ، هو أعمق كثيرا تحت سطح البحر عن أعلى قمة جبلية موجودة فوق مستوى سطح البحر . فإذا تصورنا وضع جبل إفرست وقاعدته التى يرتكز عليها فى مكان عمق تشالنجر ، فسوف تعلوه مياه المحيط بارتفاع ٢١٨٦ مترا . وقبل الحرب العالمية الأولى لم يكن من المتوقع اكتشاف عمق تشالنجر إلى أن تم أخذ بعض الجسات المحظوظة فوقه . وحتى القمة العالية لجزيرة هاواى لم تكن ترتفع فوق سطح المحيط الباسيفيكى لو كانت ترتكز فوق عمق تشالنجر .

إذن فالمسافة الرأسية الكلية بين أعمق عمق وأعلى ارتفاع ، هى ١٩٨٨٠ مترا ، واستطاع الإنسان حاليا أن يقيسها كلها . وإذا وجدت أجزاء إما من قاع البحر

أو اليابسة لم يرسم لها خرائط تفصيلية بعد ، فسيكون السبب فى ذلك فقط هو عدم توفر الوقت المناسب للقيام بهذا . وبمجرد أن ينعقد العزم على توقيع بقعة معينة منسية فإنه يمكن استكمالها دون أية صعوبة .

سفن الأعماق

أن نقيس عمقًا ، هذه ناحية ، وأن نرسل إنسانًا يقيس هذه الأعماق فهذا شىء آخر ، ومهمة فى غاية الصعوبة أيضا . وعلى سبيل المثال فإن استكشاف عمق المحيط يعتبر أكثر صعوبة من تسلق جبل ، لا لشىء إلا لأن التنفس فى الماء يكون أقل من التنفس فى الهواء الخفيف الموجود بقمم الجبال .

لا يصلح جهاز غطس سكوبا إلا لمنطقة قريبة من سطح الماء . ولا تكون ملابس الغوص والأقنعة المانعة لتسرب الهواء الذى يضخ فيها الهواء ، بذات فائدة كبيرة إذا كانت الأعماق كبيرة ، وتشكل عبئا كبيرا على الحركة تحت الماء عند أعماق كبيرة .

ويمكن استخدام نواقيس الغوص diving bells ، أو القيسونات فى العمل تحت الماء . وهذه القيسونات فى الأساس مغلقة من أعلاها ومفتوحة من أسفلها (مشابهة لأجراس الكنائس) ، ويعمل الماء الذى يرتفع داخلها على حبس الهواء . ويمكن استخدام وسائل لتجديد الهواء ، غير أن الهواء بداخل القيسون يجب أن يضغط حتى يتساوى الضغط داخل القيسون مع ضغط الماء الخارجى المحيط بالقيسون .

وكما ذكرنا من قبل ، فإن النتروجين تحت الضغط ينوب فى سوائل الجسم بدرجة أكبر من نوبانه فى الظروف العادية . وحينئذ إذا ما انخفض الضغط بسرعة - أى أنه إذا ما ارتفع ببساطة شخص موجود على عمق تحت الماء - يصبح النتروجين أقل سيولة ويتجمع الضغط المنخفض والفقاقيع من السائل فى المفاصل والأوعية الدموية الصغيرة ، ويحدث ألم مبرح ، يؤدى أحيانًا إلى الوفاة . ولا يعالج هذا التحنى bends (شلل الغواص بسبب هبوط ضغط الجو) ، أو إعياء انخفاض الضغط إلا بإعادة الضغط لإذابة النتروجين مرة أخرى ، وبعد ذلك يجرى تخفيض بطىء جداً للضغط للسماح للنتروجين بالخروج ببطء والتخلص منه عن طريق الرئتين على مراحل . ومن الأفضل تجنب الاعتلال الجسدى تماما عن طريق التخفيض البطىء للضغط فى المقام الأول .

ويقل خطر التحنى إلى حد ما إذا ما استُخدِم خليط غاز اصطناعى من الأكسجين والهليوم ، حيث يذوب الهليوم فى سوائل الجسم بدرجة أقل نسبيا عن ذوبان النتروجين . ولا يزال ، استخدام الهواء المضغوط يزيد من مخاطر العمل تحت الماء وبالطبع ، يحد من العمق الذى يستطيع أن يصل إليه المرء .

والمطلوب إذن سفينة صلبة الجدران يمكنها مقاومة ضغط الماء ، والتى يمكن أن تحتوى على هواء عند ضغط عادى . وإذا ما كانت للسفينة القدرة على المناورة أيضا فستكون هذه السفينة غواصة submarine .

والتصور ، هو تصور طبيعى ، وقد تصوره بعض الناس فى أوائل العصور الحديثة . ويعتبر المبتكر الألمانى كورنليس دربل Cornelis Drebbel (١٥٧٢ – ١٦٣٤) هو أول من أنشأ غواصة بالفعل . وقد أنشأها من جلد مشحم فوق إطار خشبى . وبين سنة ١٦٢٠ سنة ١٦٢٤ ، قام بإجراء تجارب عليها حتى عمق أربعة أو خمسة أمتار تحت سطح نهر التايمز Thames River .

كان الدافع الأكثر إلحاحًا وراء المحاولات المتكررة لبناء الغواصات هو فائدتها العظيمة أثناء الحرب . فتحت الماء لا يمكن رؤية هذه السفينة (الغواصة) ، ويمكن أن تقترب من سفينة العدو دون أن يشعر بها أحد ، ويمكن على سبيل المثال تزويدها بالمتفجرات تحت خط الماء .

وهكذا فقد أنشأ المخترع الأمريكى دافيد بشنل David Bushnell (١٧٤٢ – ١٨٢٤) غواصة تتسع لشخص واحد خلال حروب الثورة الأمريكية ، وحاول بواسطتها إغراق بارجة بريطانية فى ميناء نيويورك . كانت الغواصة مصنوعة من الخشب وتعمل بواسطة رفاص يدار يدويا من الداخل . ونجحت الغواصة بقدر كاف ، لكن بشنل لم يستطع ثقب غلاف النحاس حول الهيكل الخارجى للسفينة . وحاول مرة أخرى خلال حرب سنة ١٨١٢ ، فى ميناء نيو لندن بولاية كونكتيكت ، وفشل مرة أخرى .

وروبرت فلتون Robert Fulton (١٧٦٥ – ١٨١٥) الذى اكتسب شهرة مؤخراً باعتباره منشئا لأول سفينة بخارية ، فى سنة ١٨٠٧ ، نجحت بدرجة كبيرة فى ترسيخ تفوق القوة البخارية على الماء ، قضى بعض الوقت فى صنع غواصة أطلق عليها ، نيوتلس Nautilus .

وكان أول من يستغل المعدن لهذا الغرض ، إذ أنشأ سفينته (الغواصة) من ألواح نحاسية مثبتة على أضلاع من الحديد ، وقد جعلها كبيرة بحيث يتوافر لها مورد من الهـواء يكفى لتنفس أربعـة رجـال وقنديلين لمدة ثلاث سـاعـات . وكـانت بالسـفـينة (الغواصة) نافذة صغيرة مصنوعة من الزجاج من أجل المشاهدة ، واستخدم فيها مثل بشنل ، رفاصاً للدفع يدور بطريقة يدوية .

وتم بناؤها فى سنة ١٨٠٠ ، عندما كانت بريطانيا وفرنسا فى حالة حرب ، وكان نابليون بونابرت ، الدكتاتور الفرنسى مهتماً بهذا العمل لبعض الوقت . ولسوء الحظ ، ففى حين كان لغواصة فلتون أن تغرق أية سفينة بريطانية ، لم تكن لها سرعة الحركة التى تمكنها من اللحاق بأية سفينة ، وصرف بونابرت اهتمامه عن الغواصات . ولم يفد فلتون البريطانيين الذين تعامل معهم بعد ذلك .

عاد فلتون إلى الولايات المتحدة ، وخطط لبناء غواصة تعمل بالبخار وتتسع لمائة رجل ، لكنه مات قبل أن يصنع غواصته المنشودة .

وخلال الحرب الأهلية الأمريكية واجهت الولايات المتحدة فى كونفدرالية حصارا شديداً من قِبَل اتحاد البحرية ، فُكِّر بطرق مختلفة لكسر الحصار . كانت إحدى الطرق بناء الغواصات ، ذلك المشروع الذى تولاه هوراس لوسون هنلى Horace Lawson Hunley (١٨٢٣ - ١٨٦٣) من ولاية ألباما . وتم إنشاء ثلاث غواصات ، واجهت سلسلة من الفشل ، مات فى إحداها هنلى نفسه .

واستمر استخدام الغواصة الثالثة ، المسماة هنلى Hunley بعد وفاة هنلى . وفى ١٧ فبراير ١٨٦٤ ، حُققت فى النهاية أول ضربة تعزى إلى غواصة . فقد استطاعت إغراق بارجة الاتحاد هوساتونيك Housatonic فى ميناء شارلستون جنوب كاليفورنيا مع خسارة خمسة أرواح . بيد أن الانفجار دمر أيضاً الغواصة وطاقمها .

بنى كاتب الخيال العلمى الفرنسى جيوليه فيرن Jules Verne (١٨٢٨ - ١٩٠٥) الغواصة الأكثر شهرة فى كل العصور - على الرغم من أنها من الطراز الأدبى فقط - فى قصته (عشرون ألف فرسخ تحت الماء Twenty Leagues Under the Sea) ، التى نشرت فى سنة ١٨٧٠ . وقد تتبع مسار الحرب الأهلية الأمريكية ، ومن المحتمل جداً أن تكون محاولات الاتحاد لبناء غواصة قد استوحيت من قصته لكى ينتج غواصته الشهيرة نيوتلس (نفس الاسم الذى أطلقه فلتون على سفينته منذ سبعة عقود) .

ولم يكن لغواصة أن تصبح غواصة عملية بالفعل إلى أن يتم إيجاد طريقة أخرى لتحريكها بدل الرفاص الذى يدار يدويًا . ولا يمكن استخدام آلة بخارية تحت الماء ، لأنه سيتم تشغيلها بواسطة الوقود المحترق ، الذى سرعان ما يستنفد هواء الغواصة . وكان التفكير فى موتور يعمل بالكهرباء بواسطة بطارية مشحونة .

ومرة أخرى سُمِّيت أول غواصة تعمل بالكهرباء نيوتلس وتم بناؤها سنة ١٨٦٦ بواسطة إنجليزيين . وكان يلزم إعادة شحن بطاريتها بصفة دورية ، بطبيعة الحال ، وكانت المسافة التى تقطعها الغواصة حتى تشحن بطاريتها مرة أخرى ، حوالى ١٣٠ كيلو مترا .

بعد ذلك تم بناء العديد من الغواصات ، التى تعمل بالطاقة البخارية ، وأخيراً آلات الديزل عندما تعمل الغواصة فوق السطح ، وبالكهرباء عندما تكون مغمورة تحت الماء . أنشأ المهندس الأمريكى سيمون ليك Simon Lke (١٨٦٦ - ١٩٤٥) الغواصة أرجونوت Argonaut فى سنة ١٨٩٧ . وأبحرت من نورفولك بفرجينيا إلى نيويورك بواسطة قدرتها الذاتية ، وكانت أول غواصة تعمل بنجاح فى البحار المفتوحة .

وفى الوقت الذى بدأت فيه الحرب العالمية الثانية ، كانت كل الدول الأوروبية الكبرى تمتلك غواصات . ومن سنة ١٩١٤ إلى سنة ١٩٤٥ ، كان يجرى تطوير على الغواصات بصورة مستمرة ، واقتصر استخدامها على الحرب أو الاستعداد للحرب . ومع ذلك فطوال كل هذه الفترة ، ظلت تعمل أساسًا فوق سطح المياه . وكان يمكنها الغوص تحت الماء لبعض الوقت ، وكان يجب أن تظهر جميعها على السطح بشكل متكرر لإعادة شحن بطارياتها .

وحدث تقدم كبير فى ١٧ يناير ١٩٥٥ ، عندما انطلقت أول غواصة تعمل بالطاقة النووية ، وأطلق عليها مرة أخرى نيوتلس وكانت ميزتها العظيمة على الغواصات التى لا تعمل بالطاقة النووية هو عدم استنفاد مصدر طاقتها خلال مدة زمنية طويلة ، بحيث يمكنها عند الضرورة المكوث تحت الماء لبضعة شهور . وبنى الروس أول غواصة تعمل بالطاقة النووية سنة ١٩٦٠ ، والبريطانيون سنة ١٩٦٣ ، والفرنسيون سنة ١٩٦٩ . ويمكن أن يعمل المفاعل النووى فى هذه الغواصة مسافة ٦٤٠,٠٠٠ كيلومترا (١٦ مرة قدر محيط الأرض) قبل إعادة تجديده .

ويمكن للغواصات النووية الوصول حتى عمق ٢٥٠٠ متر ، تحت العمق الذى لا يصل إليه أى حوت ، ويمكن أن تغوص الغواصات النووية تحت الماء حتى عمق ٦٠٠٠ متر .

وقدرة الغواصات على اختراق الأعماق ما هو إلا شىء عارض ، حيث إن وظيفتها الأساسية هى ميدان الحرب . ولكن قبل تجهيز الغواصات بالمفاعلات النووية ، كانت تبنى الغواصات بهدف دراسة أعماق المحيطات فقط . وكان الرائد فى هذا المقام ، العالم الطبيعى الأمريكى ، شارلس وليام بيب Charles William Beebe (١٨٧٧ – ١٩٦٢) ، الذى اهتم بدراسة المرجان وأراد أن يتعقبه فى مكامنه تحت سطح المحيط .

وقد قام بتصميم كرة من المعدن السميك تمنع تسرب الماء لها نافذة من الكوارتز يمكنها تحمل الضغوط الهائلة فى المياه العميقة . وقد جعل شكلها كرويا حتى تكون مقاومتها أكبر (بناء على اقتراح المحافظ فرانكلين ديلانو روزفلت ، من نيويورك ، صديق بيب) . وتم تزويدها بالأكسجين المضغوط وبالمواد الكيميائية لامتصاص ثانى أكسيد الكربون .

وسمى بيب هذه الكرة بالكرة العميقة bathysphere ، من كلمات يونانية تعنى كرة الأعماق . ولم تكن لكرة الأعماق القدرة على المناورة . فقد كانت مجرد فقاعة من الهواء مغلفة بالمعدن ، تتسع بالكاد لشخصين ويجرى إنزالها من سفينة ترسو فوق سطح البحر بواسطة كبل معدنى . وإذا ما اجتاحت السفينة عواصف ورياح وأمواج ، أو إذا حدث أى شىء آخر يؤدى إلى قطع الكبل ، فسوف تسقط كرة الأعماق فى قاع المحيط ، ولا يحتمل أن ينجو أحد بداخلها .

وعلى الرغم من ذلك فقد سنحت الفرصة لبيب وزميل له هو أوتيس بارتون . ففى أول غوص لهما فى ١١ يونيو ١٩٣٠ ، وصلا إلى عمق ٤٠٠ متر . وفى سنة ١٩٣٢ ، وصلا إلى عمق ٩٢٠ مترا . وقام بيب بما يزيد على ٣٠ عملية غوص مجتمعة ، وبعد ذلك ترك المهمة عندما لم يتوصل إلى أية معلومات مهمة .

وقد وصل بارتون ، فى كرة أعماق معدلة إلى عمق ١٣٧٠ مترا فى سنة ١٩٤٨ .

وما كان مطلوبا ، بشكل واضح ، كرة أعماق لها قدرة على المناورة . وبداية ، كان عليها أن تطفو برغم المعدن الثقيل المطلوب لمقاومة ضغط الماء . والفيزيائى السويسرى

أوجست بيكارد Auguste Piccard (١٨٨٤ – ١٩٦٢) ، الذى قابل بيب فى سنة ١٩٣٣، جاءت له فكرة الجمع ما بين كرة الأعماق ومبدأ البالونات . كانت البالونات ترتفع فى الجو بواسطة مقدار من غاز أخف من الهواء . وما كان مطلوبًا هو كرة أعماق تكون معلقة بواسطة مقدار من سائل أخف من الماء . استخدم بيكارد الجازولين لهذا الغرض ، إذ وضعه فى عوامة كبيرة على هيئة مركب أكبر من كرة الأعماق الكروية المثبتة بإحكام من أسفلها .

وكانت النتيجة غواصة أعماق . واحتوت العوامة المصنوعة على هيئة سيجار على ١٣ خزانا ، أحد عشر منها مملوءة بالجازولين ، واثنان منها فارغان . وتستطيع العوامة أن ترفع وزن كرة الأعماق ، وتمنعها من الغرق .

ويمكن فتح الخزانين الفارغين والسماح بملئهما بماء البحر . ويؤدى الوزن الزائد من ماء البحر إلى سحب غواصة الأعماق لأسفل ، وجعلها تهبط إلى قاع البحر .

وإذا ما انغمرت بسرعة ، فهناك ثلاثة عشر طنا من كتل الحديد الصغيرة الملحقة بالكرة يمكن تفريغها تدريجيا . وهذا يجعل غواصة الأعماق أخف بحيث تنغمر بصورة بطيئة . وإذا ما تم التخلص من كتل الحديد الصغيرة بقدر كاف ، فسترتفع غواصة الأعماق وتعود إلى السطح .

وبمجرد أن تهبط غواصة الأعماق ، وتعود بعد ذلك إلى السطح ، يمكن تفريغ ماء البحر من الخزان ، ويمكن تزويدها بكمية أخرى من كتل الحديد الصغيرة حتى تصبح جاهزة لعملية هبوط وصعود أخرى .

اضطر بيكارد للانتظار حتى نهاية الحرب العالمية الثانية ، حتى تمكن بالفعل من بناء غواصته . فى سنة ١٩٤٨ ، اكتمل بناء أول غواصة . وقد تم اختبارها وإعادة بنائها وتحسينها ، وفى ١٥ فبراير ١٩٥٤ ، فى أول اختبار غوص حقيقى خارج ساحل غرب أفريقيا ، هبط اثنان من ضباط البحرية الفرنسية حتى عمق ٤٠٥٠ مترًا ، وعادا سالمين .

بعد ذلك ، كان لا يزال العمل جاريا فى بناء غواصة أعماق ، ترستى ، وفى سنة ١٩٥٨ ، اشترتها الولايات المتحدة لسلاحها البحرى . وتم إرسالها إلى كاليفورنيا ، وكانت لا تزال بحاجة إلى تحسينات . وبمرور الزمن كانت خليفتها ترستى الثانية جاهزة لإجراء اختبار كبير عليها .

وقـــد تم إرســالهـــا إلى غربىّ الباسيفيكى ، وكان جـاكـوز بيكارد (١٩٢٢) ابن أوجست ، مستعدا للهبوط بها مع ضابط البحرية الأمريكى دون والش .

فى الساعة الثامنة والدقيقة العشرون ، يوم ٢٣ يناير سنة ١٩٦٠ ، هبطت ترستى الثانية فوق أخدود مارينا حتى عمق ١٠٩١٥ مترا فى القاع ، واستقرت على طين ناعم . ارتفع الطين وحجب الرؤية لبرهة ، لكنه استقر ببطء ، وأصبحت الرؤية واضحة ، وما رآه الرجلان عند بحثهما بالكشافات الضوئية (الطورش) أربيان أحمر صغير طاف يصل طوله بوصة . وقد شاهدا أيضا سمكاً يشبه سمك موسى .

وبعد ذلك أفرغت الغواصة كتل الحديد الصغيرة ، وارتفعت إلى السطح ، وعاد الرجلان بأمان فى الساعة الخامسة مساء ، بعد رحلة خطيرة بلغ طولها ٢٢ كيلومترا ، واستغرقت تسع ساعات .

وضع استكشاف أعماق البحر العلماء أمام بعض المفاجآت المثيرة .

ومن المصادفة ، أنه موضع اتصال تكتونية الكتل القارية (الألواح التكتونية) ، توجد "بقع ساخنة" محيطية ، تتسرب من خلالها الحرارة إلى المحيط بصورة تشبه الينابيع الساخنة فى الأرض الجافة . وقد شكك فى هذه البقع الساخنة لأول مرة فى سنة ١٩٦٥ ، وتم اكتشافها فى أوائل السبعينات .

بداية من سنة ١٩٧٧ ، حملت غواصة بحار عميقة العلماء لأسفل لفحص تلك البقع الساخنة . وعند مصب خليج كاليفورنيا ، وجدوا "مداخن" ينبعث منها لأعلى دفعات من الطين المدخن يملأ ماء البحر المحيط بالمعادن .

والمعـادن غنيـة بالكبريت ، والمناطـق القريبة من هذه البقع الساخنة مملوءة بأنـواع خـاصة من البكتيريا ، تحصـل على طاقتهـا من التفـاعـلات الكيميائية التى تتضمن الكبريت بالإضافـة إلى الحـرارة ، بـدلا من أشـعة الشمس . وتتغـذى حيـوانـات صغيرة على هذه البكتيريا ، بينمـا تتغـذى حيـوانـات أكبر على الحيوانات الأصغر .

وكان هذا الاكتشـاف لسلسلـة كامـلة من صـور الحيـاة الجـديـدة لا تعتمد على ضـوء الشمس والخـلايـا النباتيـة ، لكنهـا لا يمكن أن توجـد ، بالطبـع ،

إلا بالقرب من البقع الساخنة . واكتشف العلماء الحلزون الصدفي وسرطان البحر ، وأنواعًا عديدة من الديدان ، البعض منها كبير جداً . وهى أنواع خاصة يمكنها العيش فى المياه الملوعة بالمواد الكيميائية التى قد تكون سامة لبعض أشكال الحياة .

وهكذا اتسع أفق الإنسان حتى أصبح يدرك المحيط كله حتى أقصى أعماقه ، كما اتسع أفقه من قبل ليستوعب كلا من سطحى البر والبحر .

الهوامش

(١) سونار : طريقة لتحديد مواقع الأجسام تحت سطح الماء باستخدام شعاع من النبضات فوق السمعية ، واستشعار النبضات المنعكسة ، وقياس الزمن بين إرسال النبضة واستقبال النبضة المنعكسة ، لتحديد بُعد الجسم . معجم الفيزياء . أكاديميا ١٩٩٢ .

(٢) الأخدود العظيم : وادٍ ضيق ضخم فى شمال غرب أريزونا بالولايات المتحدة ، يصل طوله ٩٤٣ كم، ويتراوح عرضه من ٨ – ٢٥ كم ، ويصل أقصى عمق له ١٩٠٠ متر CAMBRIDGE PAPERBACK ENCYCLOPEDIA .

فاصل

أفق الأرقام

الأرقام الكبيرة

فى هذا الكتاب الذى نبحث فيه عن أفق أو آخر من الآفاق التى اكتشفها العقل البشرى واستوعبها ، فلا بد أننا سنستخدم فى النهاية أرقاماً غاية فى الصغر وأرقاماً غاية فى الضخامة . ولقد تحاشينا حتى الآن استخدام هذه الأرقام ، لكننا على وشك أن نقابل الكثير منها ، وقبل أن يحدث هذا ، يبدو من المعقول أن نفكر كيف استطاعت البشرية التغلب على آفاق الأرقام .

فى عصور ما قبل التاريخ ، لم يكن البشر يحتاجون إلى استخدام الأرقام الكبيرة ، ولا تزال قبائل بدائية تستخدم حتى اليوم عدداً قليلاً جداً من الأرقام . ويسمع المرء عن بعض القبائل التى لديها أسماء تقابل الواحد أو الاثنين فقط ، وأى رقم أكبر من اثنين فإنهم يقولون عنه كثير .

وهذا لا يعنى بالطبع أن أفراد هذه القبائل لا يقدرون على التعرف على ثلاثة أشياء أو أربعة . كل ما فى الأمر أنه ليست لديهم أسماء خاصة لهذه الأرقام ، لكنهم يستطيعون تدبير أمورهم بما لديهم . فإذا أقرض فرد من هذه القبيلة صديقاً له شيئين ثم شيئين آخرين فسوف يدرك الفرق ويتضايق بشدة إذا رد صديقه إليه شيئين وشيئاً واحداً آخر فقط .

وبطبيعة الحال ، لم يأت أسلافنا فى العصور القديمة والوسطى بشىء أفضل ، فنحن لدينا أسماء اثنى عشر رقما مختلفا فقط ، وكانت كل الأرقام العديدة المستخدمة تتكون من هذه الأرقام الاثنى عشر . وعشرة من أسماء الأرقام المختلفة هى بصورة

طبيعية للأرقام العشرة الأولى: واحد ، اثنان ، ثلاثة ، أربعة ، خمسة ، ستة ، سبعة ، ثمانية ، تسعة ، عشرة . (وأسماء هذه الأرقام بالعربية ، ولكل لغة أسماؤها الخاصة بها .) ومن المرجح أن لدينا عشرة أسماء مختلفة ، لأن لنا عشرة أصابع فى يدينا الاثنتين ، وإذا ربطنا أسماء الأرقام بالأصابع ، فمن الطبيعى أن يكون لكل إصبع اسمًا مختلفًا .

وبعد هذا لدينا أسماء مشتقة . "فالإحدى عشرة" ، هى تحريف لتعبير أنجلو ساكسونى يقابل "واحد متروك" فى الإنجليزية الحديثة – واحد متروك ، بمعنى أنه بعد أن تم عد عشرة ، يصير المجموع أحد عشر . وبنفس الطريقة ، اثنا عشر ، هى "اثنان متروكة" ، وثلاث عشرة هى شكل محرف من ثلاثة وعشرة ، وعشرون هى شكل محرف من عشرتين ، وبأخذ ذلك فى الاعتبار يمكن أن نرى معنى لأى رقم على أساس القاعدة عشرة ، حتى "تسعة وتسعون" (تسع عشرات وتسع") .

وباتباع هذا النظام ، سيصبح الرقم بعد "تسعة وتسعون" عشر عشرات ، وبعد عشر عشرات وتسع ، ستكون إحدى عشرة عشرة ، وهلم جرا . ويدرك الأطفال المعنى من وراء هذا ، إذ يستغلون أحيانا هذه الأرقام ، وسرعان ما يصححها لهم الكبار ، الذين يعرفون أن الرقم بعد "تسعة وتسعون" هو مائة . وللاسم مائة أصول ترجع إلى ما قبل التاريخ ، مثل الاسم ألف الذى يأتى بعد تسعة مئات وتسعة وتسعون . و"مائة" و"ألف" هما اسما الرقمين الباقيين اللذين لهما أصول قديمة .

كانت الكلمة الرومانية لـ "**ألف**" هى ميل mille ، ومنها اشتققنا الميل ، الذى كان فى الأصل ١٠٠٠ خطوة طول رومانية .

ويمكن أن يستخدم الناس أرقامًا بعد الألف ، بالطبع ، دون الحاجة إلى اشتقاق أسماء جديدة . ويمكننا التحدث عن عشرة آلاف ، أو تسعمائة ألف ، أو ألف ألف .

وكان للإغريق كلمة myrios ، وتعنى "غير قابل للعد" ، ومن هذه الكلمة جاءوا بكلمة myrias ، لتعنى عشرة آلاف . وحصلنا على كلمة " myriad " من المصطلح اليونانى ، واستخدمناها لتعنى "عددًا كبيرًا جدًا" ، مع أنه فى حالات نادرة قد تستخدم لتعنى بدقة "عشرة آلاف" .

كتب الرياضى اليونانى العظيم أرشميدس Archimedes (٢٨٧ - ٢١٢ ق.م) أطروحة قصد بها أن يوضح أنه يمكن استخدام نظام الأرقام لعد أى كمية مهما كانت كبيرة ، وللقيام بذلك استخدم نظاما للتعبير عن عشرة آلاف من عشرة آلاف من عشرة آلاف - ولم يحاول تبسيط الأمور بابتكار اسم لعدد أكبر من عشرة آلاف .

فى أواخر العصور الوسطى فى إيطاليا ، تزايدت التجارة والثروة بالدرجة التى أصبح معها إمساك الدفاتر من الأمور الضرورية بشكل متكرر للتعبير عن آلاف آلاف عديدة جدا . ووجد التجار الإيطاليون أن من المفيد ابتكار كلمة خاصة لألف الألف . وسموها مليون milione ، وتعنى ميلاً كبيراً large mill - أى ألف كبير . والاسم هو مليون million بالإنجليزية . (وفى تلك الفترة تقريبا أيضا ، أصبحت الأرقام العربية تستخدم على نطاق واسع ، واستخدموا الرموز ٠ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ ، ٩) .

وشاع استخدام المليون فى أوروبا فى القرن السادس عشر ، وفى تلك الفترة كانت لا تزال ترد كلمات أرقام أكبر . وكان الرياضى الفرنسى نيكولا شاكو Nicolas Chuqet (١٤٥٠ - ١٥٠٠) هو أول من استخدم مصطلح **البليون** لكلمة مليون مليون . فالبادئة (bi) مأخوذة من اللاتينية (bis) وتعنى ضعف . وبمعنى آخر ، فإن كلمة بليون هى رقم يظهر فيه المليون مرتين .

وفى الأعداد العربية فإن مائة = ١٠٠ ، وألف = ١,٠٠٠ ، ومليون = ١,٠٠٠,٠٠٠ . فإذا كان البليون هو مليون مليون ، فيكتب على الصورة ١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ، وهذا هو معنى البليون فى بريطانيا وألمانيا حاليا ، أما فى الولايات المتحدة وفرنسا ، فأصبح البليون يستخدم لألف مليون ، أو ١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ .

وما أن استقر استخدام البليون كانت لا تزال توضع كلمات أخرى ، واستغلت البادئات اللاتينية لثلاثة وأربعة وخمسة وستة ، وهلم جرا . ونتيجة لذلك فلدينا كلمات مثل **تريليون** trillion ، **وكوادرليون** quadrillion ، **وكوينتيليون** quintilion ، **وسكستليون** sextillion ، **وسبتيليون** septillion ، **وأكتليون** octillion ، وهلم جرا .

وفى الاستخدام الأمريكى ، فإن كلاً من هذه الأسماء هى **ألف مرة** قيمة الرقم الذى يسبقها ، بحيث يعتبر **التريليون ألف بليون** (١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠) ، **والكوادرليون ألف تريليون** (١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠) وهكذا . وفى الاستخدام البريطانى ، فإن كلاً من هذه الأرقام هو **مليون مرة الرقم السابق** ، بحيث إن **التريليون مليون بليون** ، أو مليون مليون مليون (١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠) ، بينما **الكوادرليون مليون تريليون** (١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠) .

وأكبر أسماء الأرقام التى تقابلنا عادة عند استخدام هذا النظام هو **السنتيليون** . والبادئة سنتى هى من كلمة لاتينية **سنتيم centum** ، بمعنى مائة ، بحيث إن السنتيليوم فى النظام الأمريكى له مائة مجموعة من ثلاثة أصفار بالإضافة إلى الثلاثة أصفار الأساسية للألف ، وهى لذلك السبب فالسنتيليون يساوى واحد متبوع بـ ٣٠٣ أصفار . وفى النظام البريطانى يساوى السنتيليون واحد متبوع بـ ٦٠٠ صفر .

ومن السهل ، بالطبــع ، استنباط أسماء أرقام جديدة لأى مدى غير محدد ، لكنه لا يكون من المجدى القيام بذلك ، لأن العلماء استنبطوا نظاما ملائما ومعقولا للإشارة إلى الأرقام الكبيرة .

الرياضى الفرنسى رينيه ديكارت **Rene Descartes** (١٥٩٦ – ١٦٥٠) أصبح متعباً من تمثيل المضاعفات المتكررة لرقم أو رمز معين ، مثل أ×أ أو أ×أ×أ . وقد فضّل تمثيل هذه النتائج مثل $أ^{٢}$ و $أ^{٣}$. ويسمى الرقم أعلا الحرف بالأس ، وأصبح استخدام هذه الرموز الأسية شائعا .

وحيث إن ١٠×١٠=١٠٠ ، و١٠×١٠×١٠=١٠٠٠ ، فيمكننا كتابة المائة بالصورة $١٠^{٢}$ ، وتكتب ١٠٠٠ بالصورة $١٠^{٣}$ ، ومن السهل أن نرى أن ١٠٠٠٠ هى $١٠^{٤}$ ، وأن ١٠٠٠٠٠ هى $١٠^{٥}$ ، وأن ١٠٠٠٠٠٠ هى $١٠^{٦}$ ، وهلم جرا . وما يجعل هذا النظام سهلا فى التذكر والاستخدام هو أن الأس يمثل عدد الأصفار بعد الواحد فى هذه الأرقام . وعلى ذلك نعرف فى الحال أن ١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ هى $١٠^{١٣}$ ، وأن $١٠^{١٧}$ هى ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ . مرة أخرى ، بمجرد أن حددنا السنتيليون بأنه واحد متبوع بـ ٣٠٣ أصفار فى النظام الأمريكى ، فنحن نعرف أيضا أنه $١٠^{٣٠٣}$. وفى النظام البريطانى يكون $١٠^{٦٠٠}$

وحينما يكون هناك احتمال للالتباس في استخدام أسماء الأرقام ، وحيث إن كل أسماء الأرقام الأعلى من مليون تحدد قيماً مختلفة في دول مختلفة ، فإن نظام الأسس نظام متفق عليه بشكل عام في كل مكان وليس هناك مجال للالتباس والغموض .

ويمكن أن تستخدم الرموز الأسية للأرقام بصفة عامة . وهكذا ، فإن ٦,٣٠٠ يمكن كتابتها على الصورة ٦٣×١٠٠ أو ٦,٣×١٠٠٠ أو حتى ٠,٦٣×١٠٠٠٠ . ويمكن لذلك السبب أن تكتب هكذا ٦٣×١٠^٢ ، أو ٦,٣×١٠^٣ ، أو ٠,٦٣×١٠^٤ وكل من هذه البدائل صحيح ، غير أنه من المألوف النمط الذى يكون فيه الجزء غير الأسى من الرقم بين ١ و١٠ . ولذلك السبب فإن ٦,٣٠٠ يجب أن تكتب هكذا ٦,٣×١٠^٣

عند الكتابة أو التفكير في أرقام كبيرة ، يمكننا أن نرى بسهولة أنه لا توجد وسيلة للكتابة أو التفكير في شيء بأنه "الرقم الأكبر" . فأى رقم يمكن أن تصبر على كتابته أو تفكر فيه يمكن دائما أن يكون له (١) مضاف إليه ، أو يمكن أن يكون دائما مضاعف ، أو يمكن أن تكون له مجموعة أصفار مضافة إليه .

ولابد وأن يكون الإغريق القدامى قد فهموا هذا ، لكنه لم يكن قبل أواخر العصور الوسطى حتى بدأ الرياضيون في التعامل مع سلاسل الأرقام غير المنتهية التى تتزايد إلى الأكبر بانتظام ولا تتوقف عن التزايد .

في سنة ١٢٠٢ ، على سبيل المثال ، كان الرياضى الإيطالى ليناردو فيبوناسى Leonardo Fibonaci (١١٧٠ – وبعد ١٢٤٠) أول من أدخل ما يسمى حاليا **بسلسلة فيبوناسى** Fibonacci series . وهى عبارة عن تسلسل من الأرقام تبدأ بـ ١ ، ١ ، حيث يكون كل رقم هو مجموع الرقمين السابقين . والتسلسل هو: ١ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ٥ ، ٨ ، ١٣ ، ٢١ ، ٣٤ ، ٥٥ ، ٨٩ وهكذا إلى ما لانهاية .

وهى سلسلة لا منتهية من الأرقام ، أو سلسلة غير محدودة ، حيث إن اللامحدود infinite من كلمة لاتينية يعنى لا منتهى unending .

وفى نهاية ثمانينات القرن السابع عشر ، عندما أدخل الرياضى الإنجليزى إسحاق نيوتن Isaac Newton (١٦٤٢ – ١٧٢٧) فرعا من الرياضيات أطلق عليه حساب التفاضل والتكامل ، لعبت السلاسل غير المحددة دوراً متزايداً ، وأصبح سؤال كيفية ترميزها من الأسئلة المهمة . وفى حالة تسلسل فيبوناسى ، أعطيت القاعدة لتوليد أرقام متتالية ، وبعد ذلك دونت الأرقام الأحد عشر الأولى ، وقلت "وهلم جرا إلى الأبد ."

والرياضيون ، نظرًا لكتابتهم بسرعة ، فإنهم يحتاجون شيئًا أكثر إدماجًا . على سبيل المثال ، فإن التسلسل الأبسط هو تسلسل الأرقام الطبيعية : ١ ، ٢ ، ٣ ، وهكذا إلى الأبد . وقد يمكنك أن تكتبها: ١ ، ٢ ، ٣ . . . بهذه الطريقة تضع سلسلة النقاط لتعنى أنك مستمر فى القائمة إلى الأبد .

وربما لا يكون هذا محددا بشكل كاف ، فقد تكتب ١ ، ٢ ، ٣ ، ... ٢٠ وتعنى أن تدخل كل الأرقام من ١ إلى ٢٠ دون أن تحذف منها رقما واحدا وبدون أن تتكبد مشقة كتابتها كلها ، ويمكن أن يكون لديك أيضا ١ ، ٢ ، ٣ ، ... ٢٠٠ ، أو يكون لديك ١ ، ٢ ، ٣ ، ... ١٠٠٠٠٠٠٠٠ ولكن كيف يمكن أن تعبر عن كل الأرقام بهذه الطريقة بلا نهاية؟

فى سنة ١٦٥٦ ، استخدم الرياضى الإنجليزى جون واليس **John Wallis** (١٦١٦ – ١٧٠٣) رقم ٨ العربى موضوعًا بصورة جانبية كرمز(؟) . فإذا كتبت ١ ، ٢ ، ٣ ... ∞ ، فيعنى هذا أن التسلسل مستمر إلى الأبد . ويعنى الرمز ∞ ، وهلم جرا إلى الأبد ، أو وهكذا إلى ما لانهاية ، أو وهكذا بشكل غير محدد ."

وغالبًا ما يُقرأ الرمز ∞ "ما لانهاية "**infinity** ، بمعنى بلانهاية **endlessness** ، وهناك ميل قوى لاعتباره بشكل محدد رقمًا ، أكبر الأرقام الموجودة . ومع ذلك فهذا خطأ . فالرمز ∞ ليس رقما بل خاصية ترمز إلى اللانهاية .

وبالفعل ، فهناك درجات مختلفة من اللانهاية . وهكذا يمكنك أن تعد أى شىء (أو تفكر فى أى شىء) باستخدام تسلسل الأعداد الطبيعية . كل حبات الرمال على الشواطئ ، وكل نجوم السماء ، وكل الذرات الموجودة فى الكون ، وكل الثوانى التى أمضاها الكون يمكن أن تعد دون استنفاد لنظام الأرقام ودون أن تقترب من "ما لانهاية" ، عما كنت عندما بدأت .

ومع ذلك فالأمر ليس هكذا! فقد استطاع الرياضى الألمانى جورج كانتور **Georg Cantor** (١٨٤٥ – ١٩١٨) أن يوضح فى سنة ١٨٧٤ ، أنه لا سبيل لعدّ كل النقاط فى خط ، على سبيل المثال ، بغض النظر عن النظام المتبع فى عدها ، وكان رقم ما لا نهاية فيها يحذف دائما . وكانت السلسلة الكاملة غير المنتهية ١ ، ٢ ، ٣ ... ∞ لا تكفى لعدها .

وهذا يعنى أن عدد النقاط اللامنتهى فى خط قد مثّل رتبة من ما لانهاية أعلى عن عدد الأرقام اللامنتهى فى تسلسل ١ ، ٢ ، ٣ ... ∞ . وفى الواقع ، فقد أوضح كانتور

أن من المنطقى افتراض أن هناك سلسلة لا منتهية من رتب ما لانهاية ، كانت من بينها اللانهاية للأرقام هى الشىء الأقل جدا .

ويصاب التخيل بالذهول ، لكن فى هذا الكتاب ، قد يكون من المريح أن ندرك أننا ستتعامل فقط مع الأرقام المنتهية ولسنا بحاجة إلى الخوض أكثر من هذا فى مسألة اللانهاية .

الأرقام الصغيرة

دعنا ننتقل إلى اتجاه آخر ، كيف يمكن أن تكون الأرقام صغيرة ؟

إذا تعاملنا فقط مع الأرقام الطبيعية الصحيحة : ١ ، ٢ ، ٣ ... ∞ ، فيسكون الرقم (١) إذن هو أصغر الأرقام . فلا يمكن أن يكون لديك عدد من الحصى أقل من واحد ، على سبيل المثال .

وفيما عدا ذلك يمكنك ؛ إذ يمكنك أن تنشئ أرقاما أصغر وأصغر عن طريق الطرح . فإذا بدأت بخمسة حصوات ، وأخذت منها واحدة ، فيصير لديك أربع . وإذا كررت العملية ، فيصبح لديك ثلاث ثم اثنتان ثم واحدة . ولكن إذا كررت العملية مرة أخرى بطرح آخر حصاة ، فسوف لا يكون لديك شىء على الإطلاق .

قد يجادل البعض بأن "لاشىء" nothing ليس رقما ، غير أن الرياضيين وجدوا أنه إذا أعطى رمز إلى لا شىء ، فهذا الرمز يمكن أن يعامل مثل رمز أى رقم آخر (فيما عدا أنه من المستحيل القسمة على لا شىء ، لأن العملية ممنوعة) .

وطوال العصور القديمة ، لم يفكر أحد ، على قدر علمنا ، فى أن يعطى (لا شىء) رمزا . وبدون هذا الرمز ، لا يمكن أن ينشأ نظام حقيقى مفيد من رموز الأرقام . استخدم المصريون والبابليون والعبرانيون واليونانيون الرموز التى تحتاج إلى معالجة صعبة ، وجعل ذلك التقدم فى الرياضيات يكاد يكون أمراً مستحيلا .

استخدم العديد من العلماء المعداد abacus لمعالجة الأرقام ، ولتمثيل "مائة واثنين"(١٠٢) ، فسيكون لهم فيشة واحدة one counter فى خانة المئات ، وفيشتان فى

خانة الآحاد ، ولا يضعون فيشة فى خانة العشرات . ولم يفكروا فى استخدام رمز يمثل "لاشىء" none فى الخانة .

وطرأت الفكرة لرياضى فى الهند (ذلك الرياضى الذى لم يُستدل له على اسم وأصبح مجهولا) فى فترة ما قبل سنة ٨٧٦ . كان مفهوم (اللاشىء) يمثل بنقطة صغيرة ، لأنها الشىء الذى لا يزال أقرب للاشىء ، أو كدائرة صغيرة ، والتى تعتبر نقطة مجوفة ، ولذلك تعتبر أقرب ما يكون للاشىء . ونحن نكتبها بالإنجليزية (O) ، بحيث يمكننا كتابة مائة واثنين بالصورة ١٠٢ ، حيث تحدد (O) غياب الفيشات فى خانة العشرات .

أخذ العرب الفكرة من الهنود ونقلوها إلى أوروبا . وأطلق العرب على هذا الرمز (صفر) sifr ، ويعنى خاليًا empty (الخانة الخالية فى المعداد كما نرى) . ومن هذا حصلنا على الصفر cipher لاستخدامه فى الأرقام ، أو لشىء أو شخص ليس بذى أهمية ، أو مع رسالة مختفية (التى يجب أن تصفر) . وجعل الصفر من الممكن التمييز بين ١٢ و١٠٢ و١٢٠ ، على سبيل المثال ، **وجعل نظام الأرقام العربى برمزه الوضعى أكثر تفوقا من أى نظام عددى ظهر من قبل .**

ومن الصفر أيضا جاء (الزيرو) zero ، وهو الاسم الإنجليزى للرمز .

وقد يبدو أن (الزيرو) حاليًا من أصغر الأرقام بلا جدال ، لأن ما هو الشىء الأصغر من لاشىء؟

ولكن فكر ، افترض أنه ليس معك نقود ، وبالإضافة إلى ذلك اقترضت دولارًا من شخص ، فسوف يكون ما معك إذن أقل من لا شىء ، لأنه إذا اكتسبت بطريقة ما دولارا فسوف تسدده لتلغى الدين الذى عليك . وبالطبع ، يمكن أن يكون عليك دين أكبر من دولار ، ونتيجة لذلك يكون معك أقل من لا شىء حتى بدرجة أكبر .

ولدينا "أرقام سالبة" تمثل هذه الديون ، ويمكن أن نكتب هذه الأرقام بالصورة -١ ، -٢ ، -٣ ، ... ∞ ، حيث تقرأ هذه الأرقام ناقص واحد وناقص اثنين وناقص ثلاثة ، وهلم جرا . وكان أول من تعرف على الفائدة الرياضية العامة من الأرقام السالبة هو الرياضى الإيطالى جيرولامو كاردانو Girolamo Cardano (١٥٠١ - ١٥٧٦) .

ومع أن الأرقام السالبة هى أقل من لا شىء ، فليس بالضرورة أن تكون أرقامًا صغيرة . فإذا كنت مدينًا بمليون دولار ، فسيكون معك أقل بكثير من لا شىء ؛ ولكن لن يظهر لك كما لو كان معك مبلغ صغير جدا من النقود . فسوف يتضح لك أن عليك دينًا كبيرا جدا .

من الشائع تماما النظر إلى الأرقام الصغيرة على أنها الأرقام القريبة جداً من الصفر ، سواء كانت على الجانب العادى أو على الجانب السالب . فقد يكون لديك مبلغ صغير جدا من النقود (مع أنه ليس لا شىء على الإطلاق) ، أو دين صغير جدا (بالرغم من أنه لاشىء على الإطلاق) .

وهذا يضعنا أمام مفهوم الكسور . يمكن أن يكون لديك نوع واحد من شىء ، لكن إذا أمكن تقسيم هذا الشىء ، فيمكن إذن أن يكون لديك نصف هذا الشىء ، أو ربعه ، وهكذا . وإذا قسمت الشىء إلى جزئين متساويين ، فكل جزء إذن هو نتيجة قسمة واحد على اثنين ، وبالرموز الحديثة ، ١/٢ ، حيث تمثل الشرطة المائلة خارج القسمة .

وبالمثل يمكن أن يكون لديك ١/٣ أو ١/٤ أو ١/٥ وهكذا . وكلما كان عدد الأجزاء المتساوية كبيراً ، التى تقسم عليها الوحدة الأصلية ، كان الكسر أصغر . ومن الناحية الرياضية ، يمكنك أن تقسم عدد إلى أى أجزاء ، بحيث يمكنك أن تنتهى بالتسلسل ١ ، ١/٢ ، ١/٣ ، ... ، ١/ .

وبما أنه لا يوجد شىء مثّل رقما أكبر فى الرياضيات ، فبالمثل لا يوجد شىء مثّل رقما أصغر . وكلما كان الرقم الموجود فى المقام أكبر(الرقم الموجود على يمين الشرطة المائلة) ، كانت القيمة الناتجة أصغر ، ولما كان يمكنك أن تجعل دائمًا المقام أكبر مهما كان ما بدأت به كبيراً ، فيمكنك دائما أن تجعل القيمة الناتجة أصغر ، مهما كان ما بدأت به صغيراً .

ويمكن التعبير عن أرقام صغيرة جدا بطريقة أسية ، مثلما يمكنك التعبير عن أرقام كبيرة كذلك .

وهكذا، فإن ١/١٠٠ يمكن كتابتها على الصورة ١/١٠^{٢} ، و١/١٠٠٠٠٠٠ (واحد من مليون) يمكن أن تكتب بالصورة ١/١٠^{٦} وهكذا .

ويكون من المناسب إذا استطعنا تجنب صورة الكسر ، وليس من الغريب أننا نستطيع .

وهكذا فإذا قسمت ١٠٠٠٠ على ١٠ تكون النتيجة ١٠٠٠ ، وإذا قسمتها على ١٠ تكون النتيجة ١٠٠ ، وبقسمتها على ١٠ تكون النتيجة ١٠ . وبمعنى آخر ، $١٠^{٤}$ بقسمتها على ١٠ تعطى $١٠^{٣}$ ، والتى بقسمتها على ١٠ تعطى $١٠^{٢}$ ، والتى بقسمتها على ١٠ تعطى $١٠^{١}$. وفى كل مرة تقسم الأساس ١٠ على ١٠ فإنك تخفض قيمة الأس بمقدار واحد .

وعلى ذلك ، فعندما تقسم $١٠^{١}$ على ١٠ فيجب أن تساوى $١٠^{٠}$. ونحن نعلم أن $١٠^{١}$ تساوى ١٠ ، وعندما تقسم ١٠ على ١٠ فإنها تساوى واحد .

مرة أخرى إذا قسمنا $١٠^{٠}$ على عشرة ، فإنها تساوى $١٠^{-١}$ ، والتى عندما تقسم على عشرة فإنها تساوى $١٠^{-٢}$ ، والتى بقسمتها على عشرة فإنها تساوى $١٠^{-٣}$ ، وهكذا للأبد . وحيث إن ١ على ١٠ يساوى ١/١٠ ، وعندما تقسم على عشرة يساوى ١/١٠٠ ، وعندما تقسم على ١٠ تكون ١/١٠٠٠ ، وهكذا ، فينتج من ذلك أن $١٠^{-١}$= ١/١٠ ؛

١٠-٢=١/١٠٠ ؛ ١٠-٣=١/١٠٠٠ ، وهكذا . للأبد .

ويمكننا أن نرى أيضا أنه إذا كان المليون هو $١٠^{٦}$ ، حينئذ يكون واحد من المليون يساوى $١٠^{-٦}$ ، وإذا كان التريليون هو $١٠^{١٢}$ ، فيكون واحد من تريليون هو $١٠^{-٢١}$ وهكذا .

افترض أنك تعبر عن الرقم بالصورة العشرية ، فمن خلال الأسس العادية ، الأس (كما قلت من قبل) يساوى عدد الأصفار قبل الواحد . والأسس السالبة ، يكون الأس مساويا لعدد الأصفار قبل الواحد ، على شرط أن تضع صفرا قبل العلامة العشرية .

وهكذا ، ١٠١ تساوى ٠١ ، فى حين ١٠-١ = ٠ .١ و١٠٨ = ١٠٠٠٠٠٠٠٠ ، فى حين أن ١٠-٨ = ٠٠٠٠٠١ ، ٠ ، وهكذا .

ماذا لو لديك رقم مثل ٠,٠٠٠٠٦٣٨ ؟ فهذا يساوى ٦,٣٨ × ٠,٠٠٠٠١ ، ويمكن أن يكتب على الصورة ٦,٣٨×١٠-٨ .

أصبح لدينا الآن ذخيرة كافية من الأرقام نتعامل بها مع آفاق استكشاف الإنسان وفكره ، هذه الآفاق التى تتكشف يوما بعد يوم .

الفصل السادس

أسفل الغلاف الجوى للأرض

باطن الأرض الصلب

سطح الأرض الذى ناقشنا آفاقه حتى الآن ، له ارتفاعات وانخفاضات يبلغ مداها (عشرين كيلومترا) ، ابتداء من قمة جبل إفرست إلى عمق تشالنجر Challenger Deep ، لكن هذا المدى يعتبر ضئيلا إذا ما قورن بقطر الأرض نفسها .

فالأرض كرة يزيد قطرها عن ١٢,٠٠٠ كيلومتر ، ولو شكلت فى جسم بحجم كرة البلياردو ، واستنسخت كل تباينات سطحها بمقياس رسم دقيق ، فسوف يكون النموذج أكثر نعومة من سطح كرة بلياردو عادية - فلن يكون المحيط سوى غشاوة رقيقة من الرطوبة يمثل أكثر من ٧٠٪ من سطحها .

وعلى ذلك لا يزال امتداد أفق الإنسان عبر الجبال والمحيطات فى كنهه أفقا ثنائى الأبعاد . إلى أى مدى ، إذن ، يستطيع المرء أن يوسع المعرفة الإنسانية إلى ما بعد السطح؟ ما وراءه بشكل حقيقى؟ هل نعرف شيئًا ، على سبيل المثال ، عن باطن الكرة *الأرضية الصلب* ذاته؟

نعم ، لأننا نعرف شيئًا عن الأرض ككل من معرفتنا الصحيحة بسطحها .

فمن طريقة اختفاء السفن فى البحر فوق خط الأفق ، ومن ظهور واختفاء النجوم فوق الأفق عندما يسافر المرء من الشمال إلى الجنوب ، ومن شكل ظل الأرض على القمر ، أدرك الناس منذ زمن الإغريق القدامى أن الأرض كروية الشكل . ولما كانت الأرض تدور ، فلابد أن يكون هناك تأثير طردى ، كما أشار إلى ذلك إسحاق نيوتن (١٦٤٢ - ١٧٢٧) فى ثمانينيات القرن السابع عشر ، ويجب أن ينبعج سطح الأرض

للخارج أكثر وأكثر كلما ابتعدنا عن القطبين . ويصل الانبعاج أقصاه عند خط الاستواء . والنتيجة أن الأرض كروية مفلطحة مدحوة وليست كرة منتظمة . بيد أن الانبعاج يعتبر صغيراً إذا ما قورن بحجم الأرض ذاتها عندما ترى من الفضاء ، إذ تبدو الأرض كرة .

وعلى ذلك ، يبلغ قطر الأرض ١٢٧١٤ كيلو مترا من القطب الشمالى إلى القطب الجنوبى ، ويبلغ قطر الأرض ١٢٧٥٧ كيلومترا فوق خط الاستواء . والفرق بين القطرين هو ٤٣ كيلومترا، وهو مقدار الزيادة فى الانبعاج الاستوائى ، ويشكل هذا الفرق حوالى ٣٢, ٠٪ .

وحجم هذا الشكل الكروى المفلطح هو ٠٨٣, ١×١٠ ^١٢^ كيلومتر مكعب (١) ، أو بمعنى آخر ، حوالى تريليون كيلومتر مكعب .

وتحديد كتلة الأرض مسألة صعبة إلى حد ما ، حيث يمكننا تحديد كتلة جسم (ليس بدقة تماما ، لكنها دقة تفى بالغرض) بأنها كمية المادة الموجودة فى هذا الجسم .

وإحدى طرق تقدير كتلة جسم هى قياس شدة مجال جاذبيته ، حيث تتناسب هذه الشدة بدقة مع كتلته . وفى سنة ١٧٩٨ ، قاس العالم الإنجليزى هنرى كانفديش Henry Cavendish (١٧٣١ - ١٨١٠) بدقة جداً جذب الجاذبية الصغير جداً لإحدى كرات الرصاص المعروف كتلتها على كرة أخرى ، وقارن هذا بجذب الأرض على هاتين الكتلتين . و استطاع من الجذب الأكثر شدة للأرض أن يحسب كتلة الأرض الأكثر ضخامة .

كان الرقم المبدئى لكتلة الأرض الذى توصل إليه كافنديش رقما دقيقا للغاية ، وقد تم تعديله قليلاً منذ ذلك الحين . والرقم المقبول حاليا هو ٩٧٦, ٥× ١٠ ^٢٤^ كيلوجرام(٢) (والذى يساوى تقريبا حوالى ٦ ترليون ترليون كيلوجرام) .

وإذا قسمنا كتلة الأرض على حجمها فسنحصل على "الكثافة" المتوسطة للأرض- كتلة وحدة حجم الأرض . ووحدة الحجم التى سنستعملها هى المتر المكعب٣ ، أو (بصيغة أكثر اختصارا) ٥١٨, ٥ كجم/م(٣) .

وعادة ما نقارن كثافة جسم بكثافة الماء ، الذى له كثافة تساوى بالضبط ١٠٠٠ كجم/م٣ . وعلى ذلك تعادل الكثافة المتوسطة للأرض ٥١٨, ٥ مرة كثافة الماء .

ولصخور الأرض السطحية كثافة متوسطة حوالى ٢٨٠٠ كجم/م^3 . وعلى ذلك يجب أن يكون للمناطق العميقة من الأرض كثافة أكبر بعض الشىء عن ٥,٥١٨ كجم/م^3 حتى تعطى هذا المتوسط .

ولو كانت الأرض كلها صخرية بشكل منتظم ، فسنتوقع أن ترتفع الكثافة كلما زاد العمق ، حيث إن وزن طبقات الصخر الأسمك والأسمك من فوق سيضغط الصخر أسفل إلى كثافات أكبر وأكبر .

والضغوط التى ستنشأ حتى عند مركز الأرض لن تكون عالية بقدر كاف ، ومع ذلك فحسب البيانات المأخوذة من التجارب المعملية ، يجب أن ينضغط الصخر إلى كثافات عالية بدرجة كافية لتعطى الكثافة المتوسطة المحسوبة . والنتيجة ، إذن ، هى أن الأرض ليست كلها صخرية بشكل منتظم ؛ ففى بعض الأماكن بالقرب من المركز يحدث تغير فى التركيب ، إذ يجب أن توجد بعض المواد الأكثر كثافة من الصخر .

ومن المصادفة أن توجد أحيانًا بعض النيازك meteorites على الأرض ، وتمثل هذه النيازك قطعًا صغيرة من المواد الكوكبية ، التى عادة ما تدور حول الشمس ويتصادف أن تصطدم بالأرض أثناء هذا الدوران . وتظهر هذه النيازك فى نوعين أساسيين : البعض منها صخرى ، وفى العديد من الحالات تشبه الصخر الموجود على الأرض . والبعض ، من ناحية أخرى معدنى يتكون من الحديد ومعدن النيكل المشابه بنسبة ٩ إلى واحد تقريبًا .

وإحدى النظريات عن النيازك (ليست النظرية المقبولة حاليًا) ترجع أصولها إلى تفتت كوكب . وإن كانت هذه النظرية صحيحة ، فربما يكون هذان النوعان من المواد الصلبة هما اللذان تتكون منهما الكواكب . وفى سنة ١٨٦٦ ، افترض الجيولوجى الفرنسى جابريل أوجست دوبريه Gabriel Auguste Daubree (١٨١٤ - ١٨٩٦) أن الجزء الداخلى جدا للأرض قد تشكل من خليط من الحديد النيكل مثل الخليط المعدنى للنيازك .

ويبدو أن هذا الافتراض منطقى ولا يزال مقبولاً حتى اليوم . وإن كان كذلك ، فيجب أن تكون الكثافة عند مركز الأرض حوالى ١١٥٠٠ كجم/م^3 ، أو حوالى ضعف مثيلها من الصخور الموجودة فوق سطح الأرض .

لكن ماذا يحدث للكثافة كلما ازداد العمق ؟ إن كان تركيب الأرض يتغير ، إن كان هناك تحول مفاجئ تقريباً من الصخر إلى المعدن ، فيجب أن يكون هناك تغير فى الكثافة . كيف يمكننا التحقق من مركز التركيب الصلب للأرض ، ومدى هذا التغير المفاجئ ؟ وللقيام بهذا ، يجب أن نجد شيئًا يمكنه اختراق الطبقات العميقة ، والذى يمكن اكتشافه بعد القيام بذلك ، و يمكن أن يتأثر بالتغيرات أثناء ذلك ، بحيث يعطى المعلومات المطلوبة .

ومن المصادفة أن هذه الظاهرة موجودة .

فقد تنضم الألواح المتحركة ببطء لقشرة الأرض إلى بعضها البعض ثم تنزلق فجأة عند احتكاكها ببعضها البعض . وتحدث هذه الانزلاقات ذبذبات قوية نطلق عليها اسم زلازل **earthquakes** . وتتناقص شدة الذبذبات كلما ازدادت المسافة ، ولذا لا يحدث الدمار الحقيقى للزلازل إلا فى الجهة المجاورة للانزلاق فقط . ومع ذلك ، يمكن اكتشاف الذبذبة على مسافة بعيدة جداً بالفعل فى أماكن أخرى على الأرض إذا كانت الهزة الأرضية عنيفة جدا .

تتعرض الأرض لمليون هزة فى السنة ، من بينها على ما لا يقل عن عشرة هزات تسبب الكوارث ، ومائة هزة خطيرة ، ولذا تفرض هذه الظاهرة نفسها على العلماء .

كان الجيولوجى الإنجليزى جون ميشيل **John Michell** (١٧٢٤ - ١٧٩٣) أول من افترض فى سنة ١٧٦٠ ، أن الهزات الأرضية عبارة عن موجات تنشأ بسبب تحرك كتل الصخر عدة كيلومترات أسفل سطح الأرض . وفى سنة ١٨٥٥ ، ابتكر أول "مسجل زلازل [٤]" **seismograph** لدراسة هذه الموجات .

ويتكون مسجل الزلازل فى أبسط صوره من كتلة ضخمة معلقة بواسطة ياى ضعيف نسبيا من دعامة مثبتة بإحكام فى صخر صلد . وعندما تتحرك الأرض تظل الكتلة المعلقة ساكنة بسبب قصورها الذاتى . ومع ذلك ، تتحرك الدعامة مع حركة الأرض . وتسجل هذه الحركة على أسطوانة تدور ببطء بواسطة قلم متصل بالكتلة الساكنة . وفى هذه الأيام ، تستخدم مسجلات الزلازل شعاعًا ضوئيًا يترك أثرًا على ورقة حساسة للضوء ، لتلافى جر القلم على الورقة .

وأوضح المهندس الإنجليزى جون ميلان John Milne (١٨٥٠ - ١٩١٣) بصورة قاطعة باستخدامه مسجلات زلازل من تصميمه فى تسعينيات القرن التاسع عشر أن وصف ميشيل للهزات الأرضية بأنها موجات تنتشر فى باطن الأرض كان وصفًا صحيحًا . وقد مهد الطريق لإنشاء محطات لتسجيل الزلازل فى أماكن عديدة على سطح الأرض ، ويوجد حاليا ما يزيد على ٥٠٠ محطة منتشرة فوق القارات بما فيها قارة الأنتاركتيكا (الدائرة القطبية الجنوبية) .

أوضحت دراسات تسجيل الزلازل أن هناك نوعين رئيسيين لموجات الهزة الأرضية : الموجات السطحية surface waves ، والموجات الداخلية bodily waves . وتتبع الموجات السطحية منحنى سطح الأرض بينما تنتشر الموجات الداخلية فى باطن الأرض . والمسار خلال باطن الأرض ، إن جاز التعبير مسار مختصر ، لذا تصل الموجات الداخلية أولاً إلى مسجل الزلازل . والمدى الذى تصل فيه الموجات الداخلية قبل الموجات السطحية عند مسجل زلازل معين ، هو دليل على مدى بُعد مصدر الموجة (مركز الهزة الأرضية the epicenter of the earthquake) .

وتتكون الموجات الداخلية بدورها من نوعين:الموجات الأولية primary waves ، والموجات الثانوية secondary waves . تنتقل الموجات الأولية مثل موجات الصوت عن طريق تمدد وانضغاط الوسط بصورة تشبه دفع وجذب جزئى الأوكوردين (آلة موسيقية) . ويمكن أن تمر هذه الموجات خلال أى وسط - سواء كان وسطًا صلبًا أم سائلا أم وسطا غازيًا .

ومن ناحية أخرى ، للموجات الثانوية الشكل المألوف من الذبذبات شبه الثعبانية التى تتعامد على اتجاه الحركة ، ويمكنها أن تنتقل خلال الأوساط الصلبة وعلى أسطح السوائل ، لكنها لا تنتقل خلال كتلة سائل أو خلال غاز .

وتنتقل الموجات الأولية بصورة أسرع من الموجات الثانوية وهذا يعطى أيضا فكرة عن بعد مركز الهزة الأرضية .

وتتأثر سرعة كل من الموجات الأولية والثانوية بخواص المادة التى تمر خلالها ، فإذا كانت المادة منتظمة الخواص فإن الموجات تنتقل فى خطوط مستقيمة ، وإذا ما تغيرت خواص المادة فإن الموجات تنحنى فى مسارها . ومن طبيعة وامتداد المنحنى ،

ومن التغيرات فى سرعة الانتقال ، يمكن إجراء استنتاجات عن تغير خواص المادة المارة خلالها . وعلى ذلك ، يمكن استخدام موجات الجاذبية كمجسات لفحص حالات عميقة تحت سطح الأرض .

تنتقل الموجات الأولية القريبة من السطح بسرعة ٨ كم/ث . وعلى عمق ١٦٠٠ كم تحت سطح الأرض ، فإن سرعتها التى تتحدد من أزمنة الوصول يجب أن تكون ١٣ كم/ث تقريبا . وبالمثل ، فللموجة الثانوية سرعة حوالى ٤,٥ كم/ث بالقرب من السطح ، و٦,٥ كم/ث عند عمق ١٦٠٠ كم . ولما كانت الزيادة فى السرعة هى مقياس الزيادة فى الكثافة ، فيمكننا تقدير كثافة المادة الموجودة بعيدا أسفل سطح الأرض .

وفى حين تكون كثافة طبقة صخرية عند السطح كثافة متوسطة ٢٨٠٠ كجم/م^{٣} ، تصل الكثافة على عمق ١٦٠٠ كم إلى ٥٠٠٠ كجم/م^{٣} ، وتصل عند عمق ٢٩٠٠ كم إلى ٦٠٠٠ كجم/م^{٣} .

ويوجد عند عمق ٢٩٠٠ كم تغير مفاجئ ؛ فلا تنتقل الموجات الثانوية على الإطلاق عند الأعماق الأدنى ، ويفهم من هذا أن مادة الأرض تصبح سائلة عند الأعماق الأدنى ، ويكون التغير من النوع الحاد ، ويبدو أن هناك تحولاً مفاجئًا فى الخواص – ومفاجئ لدرجة أن الحد boundary يسمى بالانقطاع discontinuity ، وهو فى واقع الأمر ، انقطاع جوتنبرج Gutenberg discontinuity (١٨٨٩ – ١٩٦٠) الذى سمى باسم الجيولوجى Beno Gutenberg الذى فسر وجود هذا الانقطاع فى سنة ١٩١٤ .

ويوجد تحت انقطاع جوتنبرج لب الأرض السائل liquid core ، وعند أعماق كبيرة ، خلال ١٣٠٠ كم من مركز الأرض يصير اللب صلبًا . وقد أظهر ذلك فى البداية الجيولوجى الدنمركى إنج لهمان Inge Lehmann فى سنة ١٩٣٦ من سلوك موجات الهزات الأرضية .

ويوجد أعلى انقطاع جوتنبرج دثار الأرض mantle .

تقفز كثافة الأرض من حوالى ٦٠٠٠ كجم/م^{٣} أعلى انقطاع جوتنبرج إلى حوالى ٩٠٠٠ كجم/م^{٣} أسفل إذا استرشدنا ببيانات موجة الهزة الأرضية . وسوف يدل هذا على تغير حاد فى التركيب الكيميائى . وسوف يتوافق هذا مع الفكرة بأنه عند انقطاع جوتنبرج يتغير الدثار الصلب إلى لب سائل من الحديد – النيكل . (وهناك جدل قائم

يتعلق بما إن كان اللب يتكون كله من المعدن أو ما إذا كان يوجد مزيج معين من الكبريت أو الأكسجين ، وبأى قدر).

وعلى الرغم من أن طبيعة دثار الأرض صخرية تمامًا ، إلا أ نه يختلف عن الصخور السطحية للأرض (إذا حكمنا على ذلك من خلال مقارنة سلوك موجات الهزات الأرضية المارة خلالهما) فى كونه غنى بالمغنيسيوم والحديد ومفتقرا إلى الألمنيوم .

إذن فالدثار mantle لا يمتد إلى سطح الأرض . وقرر الجيولوجى الكرواتى أندريا موهوروفيسك Andrija Mohorovicic (١٨٥٧ - ١٩٣٦) بعد دراسته للموجات الحادثة من هزة أرضية فى البلقان فى سنة ١٩٠٩ ، أنه يجب أن تكون هناك زيادة كبيرة فى سرعة الموجة عند نقطة تبعد عن سطح الأرض مسافة ٢٣ كم . وهذا ما يعرف حاليا بانقطاع موهورفيسك Mohorovicic discontinuity ، الذى يحدد السطح العلوى لدثار الأرض ، وتوجد فوق هذا الانقطاع قشرة الأرض . (بالمصادفة ، يحمل لب الأرض ، والدثار ، والقشرة نفس النسب النسبية فى الحجم ، مثل صفار وبياض وقشرة البيضة) .

وقشرة الأرض ليست مستوية السمك على مدار سطح الأرض كلها ، فانقطاع موهورفيسك يقع على بعد أكبر تحت السطح فى المناطق القارية عنه تحت قاع المحيط ، وفى القارات ، ينخفض أسفل فى المناطق الجبلية على وجه الخصوص . وفى الحقيقة هناك تماثل تقريبى ، لأنه كلما ارتفع سطح الأرض عن مستوى سطح البحر انخفض انقطاع موهورفيسك . وعلى ذلك ، يصل سمك القشرة حوالى ٥٦ كيلومترا تحت السلاسل الجبلية بينما يصل سمكها حوالى ٣٥ كيلومترا فى المناطق المنخفضة الواقعة تحت القارات ولا يزيد السمك عن ١٣ إلى ١٦ كيلومترا تحت مناطق المحيط .

ويتضمن سمك القشرة فى المناطق المحيطية على سمك طبقة الماء الواقعة فوق قاع البحر ، وعند أعماق المحيط ، إذن ، قد لا يزيد سمك الجزء الصلب من قشرة الأرض عن ٥ كيلومترات .

وفى الستينيات ، ظهر بعض الحماس المتعلق بإمكانية ثقب قاع البحر للوصول إلى دثار الأرض mantle للحصول على مادة للتحقق من نتائج النظرية . ولو حدث هذا ، فسوف يمثل أعمق اختراق لأعماق الأرض يقوم به البشر ، ومع ذلك فقد توقف المشروع .

وعلى الرغم من هذا ، فحتى إذا ما تم المشروع في زمن ما في المستقبل ، فمن المستبعد أن يخترق البشر باطن الأرض بواسطة الأجهزة (وبالطبع لن تكون من نوع المركبات) إلى تحت حد الدثار ، ولا يمكن للمرء أن يتخيل نوع أوجه التقدم التكنولوجي الذي سيفي بهذا الغرض إذا أخذنا في الاعتبار الخواص المفرطة للأعماق الصلبة للأرض .

الهوامش

(١) يساوى الكيلومتر المكعب ٠,٢٤ ميل مكعب بالقياس الأمريكى المعتاد ، ولذا فإن ٤ كيلومترات تساوى بالتمام ميلا واحدا مكعبا .

(٢) يساوى الكيلوجرام الواحد حوالى ٢٠٢ رطلا بالقياس الأمريكى ، وعلى ذلك فإن ٥ كيلوجرامات تساوى ١١ رطلا .

(٣) يساوى المتر المكعب حوالى ١,٣ ياردة مكعبة فى المقاييس الأمريكية ، بحيث إن ٣ أمتار مكعبة تساوى حوالى ٤ ياردات مكعبة . وأيضا فالمتر المكعب يساوى واحداً من بليون كيلومتر مكعب .

(٤) مسجل الزلازل : جهاز لاستشعار الهزات الأرضية ، الناتجة عن الزلازل أو التفجيرات النووية تحت الأرض ، وتسجيلها . معجم الفيزياء . مكتبة أكاديميا .

الفصل السابع

الغلاف الجوى للأرض

فوق سطح الأرض

إذا كان توغل الإنسان فى أحشاء الأرض حيث التراكيب الصلدة أمراً عسيراً على الإدراك البشرى ، فما البال إذا اتجه لأعلى حيث الغلاف الجوى؟

ويستطيع البشر أن يستكشفوا إلى حد ما الارتفاعات الجوية عندما يتسلقون الجبال . ومع ذلك ، فلا يمكن أن يحدث هذا الاستكشاف إلا عند أماكن معينة فوق سطح الأرض توجد عندها الجبال ، وعندما يقومون بذلك ، فلا تزال أقدامهم تقف على أرض صلبة .

لقد كان ذلك حلماً بشرياً منذ العصور القديمة ، حلمًا طرح إمكانية تحقيقه من نظروا فى هذا الأمر .

يمكن أن يحمل الغلاف الجوى الأشياء ، فالرياح يمكنها أن تحمل أشياء خفيفة خلال الهواء– كالأوراق والبذور والريش . ومن المثير للدهشة أن هناك حيوانات تكيفت على الانزلاق مسافات طويلة خلال الهواء . ومن الأمثلة على ذلك:السنجاب الطائر والفلنجر الطائر وحتى الأسماك الطائرة .

ولا تزال الطيور الحقيقية هى الأكثر إبهاراً وهى الحيوانات التى يمكن بمجهودها العضلى أن تنتقل خلال الهواء دون الحاجة إلى التيارات الهوائية أو حتى ضدها .

وطورت أربع مجموعات منفصلة من الحيوانات آليات للطيران . وتوجد من هذه المجموعات مجموعة لا فقارية وهى الحشرات . وطورت كل من الرتب الفقارية الثلاث

آليـة الطيـران . ومـن بين الزواحف توجد المجنحـات pterosaurs التى انقـرضت منذ ملايين السنين . ومن بين الثدييات ، الخفافيش . وفى النهاية ، هناك رتبة كاملة بالفعل من الطيور .

مـادامت الطيور تستطيع بدون مجهـود - كما يبدو - أن تشق الغلاف الجوى ، فلا يستطيع الإنسان إلا أن يحلم بالقيام بذلك .

ومع ذلك ، فمن الصعب الاحتفاظ بجسم ضخم معلق فى وسط خفيف كالهواء ضد جذب الجاذبية ، لذا لا تستطيع الطيران سوى الحيوانات الطائرة صغيرة الحجم نسبيا .

وتعتبر الحشرات أصـغر الأنواع المختلفة من الطيور لأن لها آلية تنفس أقل كفاءة من آلية التنفس الموجودة لدى الفقاريات ، ولا تستطيع توفير الطاقة المطلوبة للاحتفاظ بأكثـر من كتلة صـغيرة جداً عند الحركـة السريعـة . وأكثـر الحشرات ضخـامـة هـى خنفساء جولياث Goliath bettle ، التى يصل وزنها ١٠٠ جرام[١] .

والطيـور الفقـارية ، بما لهـا من رئات قـوية وأجنحـة ذات هيكل داخلى مـتصلب وخفيف لكنه قوى ، يمكن أن تكون أكبـر نوعا مـا من الحشرات ، وعلى الرغم من أن هناك خفافيش أصغر من أكبر الحشرات (مثل بعض خفافيش الفاكهة فى إندونيسيا) فقد يصل وزن أكبر الخفافيش نحو ٩٠٠ جرام .

لا تزال هـناك طيـور أ كـبـر؛ فطائر الحـبـارى الكورى Kori bustards من أكـثـر الطيور ضخامة ، وذكر أن واحدا منها يزن مـا لا يقل عن ٢٤ كيلوجرامـًا . وربما كانت لبعض المجنحات المنقرضة كتلة مماثلة لهذه الكتلة ، وقد ذكر أخيرا عن بقايا حفريات لها كتلة أكبر ربما تفوق هذه الكتلة ، فى حين تثار بعض التساؤلات فيما إذا كانت هذه المجنحات الكبيرة يمكنها الطيران بالفعل ، أم أنها تنزلق ليس إلا .

ومن قبيل التحفظ يمكن القول إنه طوال تاريخ التطور البيـولوجى على الأرض ، من المستبعد أن تمكن أى حيوان يزن أكثر من ٣٠ كيلوجراماً فى أحسن الأحوال من تطوير أسلوب الطيران .

ولهذا السبب ، من المستبعد تماما أن يطير الإنسان بأى طريقة تشبه طيران الطيور ، لأنه حتى الإنسان البالغ الصغير قد لا يقل وزنه عن ٣٥ كيلوجرامـًا ، بينما يصل وزن الشخص البالغ الأمريكى ضعف هذا الوزن .

بيد أنه حتى العصور الحديثة لم يدرك الناس هذه الحقيقة . وعندما حكى الإغريق القدامى أسطورة المخترع العظيم ديدالوس Daedalus ، قالوا إنه هرب من كريت عندما صنع بنفسه زوجين من الأجنحة (وزوجين آخرين لابنه إيكاروس Icarus) . وتكوّن الجناحان من إطار خفيف ثبت فيه الريش بواسطة الشمع . وقد كان يعتقد أن الريش هو الذى يكسب الطائر خاصية الطيران .

والفنانون الذين يرون ضرورة توضيح قدرة الملائكة غير الطبيعية على الطيران بتزويدهم بأجنحة ، أعطوا لها أجنحة طيور طويلة ، ولم يحرموها من الذراعين ، لم يدركوا أنهم كانوا يجعلون للملائكة ستة أطراف . (ومن ناحية أخرى ، فالجنيات ، على وجه الخصوص ، إذا تخيلناها صغيرة ، فقد كانت تعطى لها غالبًا أجنحة الحشرات الشفافة ، بينما كانت تعطى للشياطين أجنحة الخفافيش الريشية).

وكانت الناس تتصور أن الحيوانات الأكثر ضخامة من الرجال يمكنها أن تطير . فقد ظهر فى الأساطير الإغريقية الفرس الطائر ، بيجاسوس Pegasus ، وكان هناك التنين الطائر flying dragons ، وهو من الزواحف الضخمة والبقايا الغريبة من المجنحات ، الذى يرتفع عاليا بأجنحة خفافيش كانت غالبًا ما تصور صغيرة بصورة مضحكة . ومن إحدى القصص الشهيرة فى حكايات ألف ليلة وليلة قصة تحكى عن الرخ ، وهو حيوان طائر بلغ من الضخامة أن بيضته كانت فى حجم بيت صغير ، وبلغ من القوة بحيث يمكنه أن يرفع فيلا بأحد مخالبه ويمكنه أن يرفع وحيد القرن بمخلبه الآخر ويطير بهما . ويعتقد أن الرخ كان مفتونا بأبيرونس مدغشقر[٢] (الطائر الفيل) aepyornis of Madagascar (الذى انقرضت منذ فترة ليست بالطويلة) ، التى كانت من أكبر الطيور التى عاشت على وجه الأرض ، وكان طولها يصل إلى ثلاثة أمتار ، وتزن ٤٥٠ كيلوجراما – لكنها كانت عاجزة تماما عن الطيران .

وكان الناس يتخيلون أنه حتى الأشياء الفاقدة الحس يمكنها أن تطير ؛ فقد شوهد السجاد الطائر فى الأسطورة والخيال .

طفو الإنسان

حقا ، يستطيع البشر أن يصنعوا أشياء يمكنها أن تطير بأسلوب معين . ومنذ أن عرف أن الرياح ترفع الأشياء الخفيفة المسطحة لأعلى (خفيفة بحيث لا تحتاج إلى قوة كبيرة ، وخفيفة لدرجة أن الرياح تحملها) ، فقد خطر على بال بعض الناس أن يفردوا ورقًا أو ما شابه على إطار خشبى خفيف ، ويربطوا به خيطا طويلا يُمسك منه الإطار الخشبى ، وبهذه الطريقة يستطيعون أن يصنعوا الطائرة الورقية .

ويرجع تاريخ الطائرات الورقية فى شرقى آسيا إلى عصور ما قبل التاريخ . وفى المعتقدات الغربية ، يُعتقَد أن الطائرة الورقية قد اخترعها فيلسوف إغريقى من جنوب إيطاليا يدعى أركيتاس التارينتومى **Archytas of Tarentum** (٤٠٠ - ٣٥٠ ق .م) .

كانت الطائرات الورقية تستخدم منذ آلاف السنين للتسلية على وجه الخصوص ، بينما كانت الاستخدامات العملية ممكنة . ويمكن أن تحمل الطائرة مشكاة لأعلى كإشارة للجنود فوق منطقة واسعة ، ويمكن أن تحمل الطائرة أيضا حبلاً خفيفًا عبر نهر ، وهو حبل يمكن استخدامه فى جذب حبال ثقيلة إلى أن يتم البدء فى إنشاء كوبرى (جسر) .

وفى سنة ١٧٤٩ ، ظهرت أول محاولة لاستخدام الطائرات الورقية فى استكشاف خصائص الارتفاعات الجوية . وفى تلك السنة ، وضع الفلكى الأسكتلندى ألكسندر ويلسون **Alexander Wilson** (١٧١٤ - ١٧٨٦) ترمومترات فى الطائرات الورقية من أجل قياس درجات الحرارة على ارتفاع كبير .

وكان بحث المستعمر الأمريكى العالم بنجامين فرانكلين **Benjamin Franklin** (١٧٠٦ - ١٧٩٠) بحثا على درجة من الأهمية ، حيث طيَّر طائرة ورقية فى سنة ١٧٥٢ ، فى عاصفة رعدية شديدة ، وشحن شيشة ليدن بالكهرباء ، واستطاع أن يبرهن على أن البرق كان تفريغا كهربيا ، وبهذه الطريقة طور قضيب الصواعق ، وأزال كثيراً من مخاوف ضربات الصواعق . وكان أول انتصار يحققه العلم فى كارثة طبيعية .

ولم يمض وقت طويل على البشرية حتى أصبحت تستخدم الطائرات الورقية .

لاحظ الفرنسيان جوزيف مايكل مونتجولفر Joseph Michel Montgolfier (١٧٤٠ - ١٨١٠) وأخوه الأصغر ، جاكويز إيتين Jacques Etienne (١٧٤٥ - ١٧٩٩) طريقة التقاط دخان النيران للأجسام الخفيفة ورفعها إلى الجو . وبدا للأخوين أن الهواء الساخن أخف من الهواء البارد ، وأنه يطفو على الهواء البارد كما يطفو الخشب فوق الماء . وبدا من الطبيعى افتراض أنه إذا وضع كيس خفيف مفتوح من أسفل فوق نار ، فسوف يمتلئ بالغازات الساخنة ، ويصعد لأعلى إلى أن تبرد الغازات بعد فترة ولا يستطيع الكيس الاستمرار فى الصعود .

وفى ٥ يونيو ١٧٨٣ ، فى سوق البلدة ملأ الأخوان كيساً كبيراً من الكتان بالهواء الساخن ارتفع لأعلى ٤٥٠ مترا ، وطاف لمسافة حوالى ٢,٥ كيلومترا فى غضون عشر دقائق . وكان هذا ميلاد أول بالون (التى اشتقت من كلمة إيطالية بمعنى كرة كبيرة) .

وبدا من الواضح أنه إذا علق شخص جندولاً خفيفًا بكيس مملوء بالهواء الساخن ، فسوف يرتفع الجندول (فى حدود المعقول) وما به من محتويات . وفى ١٩ سبتمبر ١٧٨٣ ، ذهب الأخوان مونتجلفر إلى فرساى وهى مقر الحكومة الفرنسية ، وهناك أمام جمع غفير من الناس ، قاما بعمل عرض أظهرا فيه بالونا كبيرا يطير ومعه جندول يوجد بداخله خروف وديك دجاج وبطة - وهى أول حيوانات أرضية تصبح رواد فضاء .

وانطلق أول إنسان إلى الفضاء فى ٢١ نوفمبر ١٧٨٣ ، أمام ٣٠٠٠٠٠ مشاهد مفتون ، وكان من بينهم بنجامين فرانكلين ، حيث مُلئ بالون بالهواء الساخن واستطاع أن يطير مسافة ١٩ كيلومترا فى غضون ٢٣ دقيقة .

والهواء الساخن يعتبر وسطًا خفيفًا غير فعال ، فهو ليس أكثر خفة من الهواء البارد ، ولذا لا يعلو علوا كبيرا وما به من قوة رفع تتلاشى عندما يبرد .

ومع ذلك ، فقد أنتج هنرى كافنديش غاز الهيدروجين ودرسه سنة ١٧٦٦ ، وكان من أخف الغازات المعروفة (سواء فى ذلك الحين أو حاليًا) ، وله كثافة لا تزيد عن ١/١٤ من كثافة الهواء . ولذلك السبب فإن للهيدروجين قدرة على الرفع لا تقل عن ثلاث مرات قدرة رفع الهواء الساخن ، وله أيضا هذه القدرة حتى لو لم يكن أكثر دفئًا من الهواء المحيط به ، لذا فلا يحتاج تسخينًا ولا يفقد شيئا بسبب تبريده .

وعندما سمع الفيزيائى الفرنسى جاكويز ألكسندر شارلس Jacques Alexander Charles (١٧٤٦ – ١٨٢٣) عن بالونات مونتجلفر ، اقترح استخدام الهيدروجين ، وقد اتبع هذا الاقتراح قبل نهاية السنة . وفى ديسمبر ١٧٨٣ ، كان شارلس وصديق له أول من حلقا فوق سطح الأرض فى بالون مملوء بالهيدروجين . وقد جرفهما تيار الهواء لمسافة ٢٤ كيلومترا ، وهبطا فى منطقة ريفية ، وقد فزع لرؤيتهم أهل القرية وهجموا على البالون بالفؤوس وقتلوهما بداخله .

وانتشرت البالونات لأنها رياضة جمعت سمة الإحساس الجديد بالانجراف خلال الهواء ومشاهدة سطح الأرض من ارتفاع وحب المغامرة التى تضفى الكثير من المتعة على بعض الناس .

وكانت أهمية البالون كجهاز للاستكشاف أهمية واضحة . ففى سنة ١٧٨٤ ، خلال سنة من ابتكار البالون ، تمكن الفيزيائى الأمريكى جو جفريز(١٧٤٥ – ١٨١٩) من جعل بالون يصعد فوق لندن ويحمل معه بارومترا وأجهزة أخرى بالإضافة إلى جهاز لجمع الهواء من عدة ارتفاعات .

وفى نفس السنة ، ابتكر الملاح الجوى الفرنسى جين بيير بلانشارد Jean Pierre Blanchard (١٧٥٠ – ١٨٠٩) الباراشوت parachute . وهو جهاز يتعلق فيه رجل بقطعة كبيرة من الكتان أو الحرير ، أو مادة أخرى تجمع الهواء بداخلها وتزيد من مقاومة الهواء بدرجة كبيرة ، وتجعله يهبط ببطء . وقام بلنشارد بأول قفزة بالباراشوت فى سنة ١٧٨٤ ، وعاد إلى الأرض سالمًا .

وسرعان ما بات واضحًا أنه يمكن استخدام البالون فى دراسة طبقات الجو العليا بدلا من اللجوء إلى تسلق الجبال . وفى سنة ١٨٠٤ ، صعد الكيميائى الفرنسى جوزيف لويس جاى – لوساك Joseph Louis Gay-Lussac (١٧٧٨ – ١٨٥٠) حوالى ٧ كيلومترات فوق سطح الأرض ، وأحضر معه بعض عينات من الهواء . وكان الارتفاع الذى وصل إليه يساوى ارتفاع الجبل الأبيض مرة ونصف المرة . وعلاوة على ذلك ، كان صعود البالون أسرع كثيرا وبأقل مجهود . وفى الإجمال كان أقل خطورة من صعود الجبل الأبيض . ويمكن أيضا دراسة الجو فى أى مكان بواسطة البالون ، فى حين لا يمكن دراسة الجو من الجبل الأبيض ، إلا فى المنطقة الموجود بها الجبل فقط .

كانت البالونات هى الأجهزة الأولى وليست الوحيدة التى تحمل بشراً إلى الجو . ومع حلول القرن التاسع عشر ، جرب عدد من الناس الطائرات الشراعية ، التى كانت عبارة عن طائرات ورقية كبيرة بعض الشيء ، ومن القوة بحيث يمكنها أن تحمل وزن إنسان .

وكان البارز فى هذا المجال هو المهندس الملاح الألمانى ، أوتو ليلينثال Otto Lilien-thal (١٨٤٨ - ١٨٩٦) ، حيث بدأ تصميم الطائرات الشراعية فى سنة ١٨٧٧ . وفى سنة ١٨٩١ ، انطلق بنفسه فى أول رحلة طيران شراعى ونجح بصورة فائقة .

والطائرات الشراعية أكثر كفاءة من البالونات ، إذ يستطيع الطيار فى الطائرة الشراعية أن يتحكم فى الأجنحة ويتحكم فى الطائرة بطريقة تمكنه من توجيه طيرانه . أصبحت الطائرات الشراعية الرياضة المجنونة الخطرة فى تسعينيات القرن التاسع عشر ، مثل البالون الذى كان كذلك قبلها بقرن . وقد انطلق بنفسه ليلينثال Lilienthal إلى الجو ما يزيد على ألف مرة ، إلى أن أصيب فى حادث فى سنة ١٨٩٦ ، فبينما كان يختبر تصميم دفة جديدة لطائرة ، ارتطمت طائرته بالأرض ومات متأثراً بإصابته .

الإنسان يطير

كيف يستطيع الشخص أن يتحكم بصورة فعلية فى جهاز طيران ؟ افترض على سبيل المثال ، أن جندول البالون يحمل آلة بخارية يمكنها إدارة مروحة . ألن تستطيع هذه الآلة أن تجعل البالون يطير فى الجو ، مثل الموتور الذى يوضع فى سفينة - فى البحر ؟ لو استطاع الإنسان أن يفعل ذلك فسيكون لديه منطاد ذو محرك .

لم يكن الأمر بهذه البساطة ، فالآلة البخارية جهاز ثقيل يجب أن يحمل كميات كبيرة من الخشب أو الفحم . ورفع كل هذا سيخلق مشكلة . ومع ذلك ففى سنة ١٨٧٦ ، ابتكر المخترع الألمانى نيكولاس أوجست أوتو Nikolaus August Otto (١٨٣٢ - ١٨٩١) أول آلة احتراق داخلى . ويمكن صنع هذه الآلة بصورة أخف وأكثر قوة من الآلة البخارية ، ويصبح من الممكن أن يظهر منطاد ذى محرك .

والبالون نفسه ، الذى لا بد أن يكون كروى الشكل ، ليست له القدرة على المناورة فى الهواء ، ودفعه خلال الهواء يعنى مقاومة هواء لا ضرورة لها . وقد خطر ببال المخترع الألمانى فرديناند فون زبلن Ferdinand von Zeppelin (١٨٣٨ - ١٩١٧) ، أن يضع بالون أو بالونات داخل إطار معدنى ويجعل الجميع فى شكل سيجار يمكنه أن يشق الهواء بأقل مقاومة ممكنة .

ومن الواضح أن المطلوب سيكون معدنًا خفيفًا وقويًا وكان الألمنيوم مناسبًا لهذا الغرض . وقد تم إنتاجه بكميات لأول مرة فى سنة ١٨٨٦ ، بطريقة استنبطها كل من الكيميائى الأمريكى شارلس مارتن هول Charles Martin Hall (١٨٦٣ - ١٩١٤) والكيميائى الفرنسى بول لويس هيرولت Paul Louis Herouit (١٨٦٣ - ١٩١٤) بصورة مستقلة عن الآخر .

فى ٢ يوليو ١٩٠٠ ، ارتفعت أحد سيجارات زبلن الألومنيومية فى الهواء وكان يوجد تحتها جندول يحتوى على آلة احتراق داخلى تدير محركات . وطار المنطاد بنجاح ، وعلى الرغم من الأضرار التى لحقت به أثناء الهبوط ، إلا أنه كان أول طيران ناجح بمحرك يقوم بصنعه إنسان . وكان يسمى هذا المنطاد أيضا البالون ذا المحرك (أى البالون الذى يمكن توجيهه) ، أو المنطاد ذا المحرك ، وسمى أيضا باسم مخترعه منطاد زبلن zeppelin .

ولقرابة أربعين عاما ، كانت المناطيد جميلة ورائعة بالرغم من أنها لم تكن السمة الشائعة فى السماء . وكان أكثرها نجاحا جراف زبلن الألمانى على اسم مخترعه . ومع ذلك ، تعرضت المناطيد الضخمة للعواصف والحوادث ، وجاءت الطامة الكبرى سنة ١٩٣٧ ، عندما نشبت النيران بالمنطاد الألمانى هندنبرج ودمرته . وبهذا الحدث اختفت المناطيد الكبيرة من السماوات وقد كانت تستخدم كوسيلة للسفر .

وحتى أثناء إنشاء أول منطاد ناجح ، ظهرت أيضا محاولات لإنشاء ما يسمى **بالطائرة الشراعية المنطادية** ، عن طريق تركيب آلة احتراق داخلى فوق إحداها .

بذل الفلكى الأمريكى صمويل بيربونت لانجلى Samuel Pierpont Langley (١٨٣٤ - ١٩٠٦) جهدا مضنيا طوال سنوات للقيام بهذه المهمة . وبين سنة ١٨٩٧ وسنة ١٩٠٣ ، أنشأ ثلاث طائرات شراعية منطادية لكنها باءت بالفشل ، بالرغم من أن إنشاء الواحدة منها كان يتم بصعوبة بالغة .

كان الأخوان ويلبر رايت Wilber Wright (١٨٦٧ - ١٩١٢) وأورفيل رايت Orville Wright (١٨٧١ - ١٩٤٨) يعملان فى مهنة إصلاح الدراجات ، ولديهما هواية الطيران الشراعى ، وقد بذلا أيضا جهدا مضنيا لبناء طائرة شراعية بمحرك . وقد اتبعا أفكار لانجلى ، وأجريا تعديلات جوهرية على التصميم ، وابتكرا جهازاً كان السلف (الجد) للجنحيات ailerons ، أو أطراف الأجنحة المتحركة التى تمكن الطيار من التحكم فى الطائرة بسهولة . بالإضافة إلى ذلك ، قاما بإنشاء نفق هوائى wind tunnel لكى يختبرا فيه نموذجهما ، وقاما بتصميم محركات جديدة بنسب منخفضة من الوزن إلى القدرة لم يسبقهما إليها أحد ، وأنفقا طوال فترة ثمانى سنوات حوالى ألف دولار .

فى ١٧ ديسمبر ١٩٠٣ ، فى مدينة كيتى هوك بشمال كارولينا ، قاد أورفيل رايت **أول رحلة طيران بواسطة جهاز يدار ميكانيكيا** وكان أثقل من الهواء . ويصح أن نسمى هذا الجهاز بالطائرة ، وساعد تخلخل الهواء تحت أجنحتها على حملها فى السماء .

وظلت أول رحلة طيران فى الجو لمدة دقيقة واحدة قطعت أثناءها ٢٦٠ مترا فقط ، لكنها كانت الرحلة الرائدة لكل ما جاء بعدها . وبعد بضعة سنوات ظهرت فى سماء أوروبا الطائرات فى مبارزة قتالية فى الجو ، وأصبحت لمسة ساحرة وسط مظاهر الغباء والبؤس اللذين سادا فى الحرب العالمية الأولى . فى سنة ١٩٢٧ ، طار الملاح الجوى الأمريكى شارلس أوجستس لندبرج Charles Augustus Lindberg (١٩٠٢ - ١٩٧٤) رحلة طيران متواصلة عبر الأطلنطى من نيويورك إلى باريس ، وبهذه الرحلة بدأ **عصر الطائرة الحقيقية** .

الغلاف الجوى الأعلى

حتى أوائل العصور الحديثة ، كان من الأمور المسلم بها أن الهواء فوق سطح الأرض يمتد لأعلى بصورة غير محددة ويملأ الكون ويصل إلى القمر والكواكب والحدود النجمية .

وصحيح ، إذا تحركت الأجرام السماوية فى الهواء عند دورانها حول الأرض فسوف تفقد طاقتها بسبب مقاومة الهواء ، وتتلولب للداخل بسرعة وتصطدم بالأرض .

وحقيقة أن هذا لم يحدث كان دليلا كافيا على أن الأجرام السماوية لا تمر خلال الهواء . ومع ذلك ، فلم يتضح هذا حتى نهاية القرن السابع عشر ، عندما تم لأول مرة دراسة قوانين الحركة .

وعندما تخيل الكتَّاب القدامى القيام برحلات إلى القمر وما وراءه من أجرام سماوية ، لم يحتاجوا نتيجة لذلك إلا إلى بعض الأجهزة التى تساعدهم على السفر خلال الهواء .

ومن أقدم القصص التى كتبها كتَّاب معروفون وتتعلق برحلات إلى القمر ، قصة كتبها الهجّاء الإغريقى لوسيان الساموساتاى **Lucian of Samosata** (١٢٠ - ١٨٠) حوالى سنة ١٦٥ . وفى قصته **(Icaromenippus)** ، يصف فيلسوفا يطير إلى القمر بواسطة جناح نسر فى أحد جانبيه وجناح عقاب فى الجانب الآخر . وفى كتاب آخر ، **تاريخ حقيقى** ، وصف لوسيان مركبًا تبتلعها دوامة ، وتصل إلى القمر بعد رحلة مدتها أسبوع .

فى سنة ١٥٣٢ ، كتب الشاعر الإيطالى لودفيكو أريوستو **Ludovico Ariosto** (١٤٧٤ - ١٥٣٣) قصة أورلاندو فريوسو **Orlando Furioso** ، التى يصل فيها بطله أورلاندو إلى القمر على متن نفس المركبة التى حملت النبى إلياس (فى العهد القديم) إلى السماء .

وأول قصة تتضمن رحلة إلى القمر كتبها بالإنجليزية ونشرت بعد وفاته فى سنة ١٦٣٨ كانت لفرانسيس جودوين **Francis Godwin** (١٥٦٢ - ١٦٣٣) . وقد كانت تسمى **الإنسان فى القمر The Man in the Moon** ، وفيها يصعد البطل إلى القمر فى مركبة تجرها طيور كبيرة شبيهة بالنعام ، قيل إنها تهاجر بانتظام إلى القمر .

وبعد خمس سنوات ، جاءت نقطة التحول:ففى سنة ١٦٤٣ ، أوضح الفيزيائى الإيطالى إيفانجلستا تورشيللى **Evangelista Torricelli** (١٦٠٨ - ١٦٤٧) أن وزن الهواء كان كافيا لحمل عمود من الزئبق لارتفاع ٧٦ سم . ووزن عمود الهواء ، إذن ، يجب أن يكون مساويا لعمود الزئبق . وتبلغ كثافة الزئبق ١١,٤٥٠ مرة كثافة الهواء عند سطح البحر ، ولذا فلو كانت للهواء كثافة منتظمة على طول المسار لأعلى فسيكون ارتفاع عمود الهواء المطلوب لموازنة الـ ٧٦ سم من الزئبق ٧,٨ كيلومترا .

وكان هذا أول توضيح بأن الغلاف الجوى ظاهرة محلية فقط - أى أنه يمثل طبقة خفيفة نسبيا حول الأرض ، وما بعدها خواء (فراغ) .

وصحيح أن الغلاف الجوى ليس كله منتظم الكثافة ، فالغلاف الجوى عند مستوى سطح البحر يحمل وزن كل طبقات الهواء الواقعة فوقه ، وهذه الطبقات تضغطه إلى كثافة معينة . وكلما ارتفع المرء عاليا فى الجو ، فإن المزيد والمزيد من الغلاف الجوى يقع تحته ، ويوجد الأقل فالأقل من الضغط المستخدم . ويتناقص الضغط الجوى مع الارتفاع وتنخفض كثافته كذلك .

وقد وضحت هذه الحقيقة لأول مرة من خلال رصد فعلى فى سنة ١٦٤٦ ، عندما أرسل الرياضى الفرنسى بليز باسكال Blaise Pascal (١٦٢٣ - ١٦٦٢) زوج أخت زوجته إلى سفح جبل ومعه بارومترين . وقد سجل أن ضغط الهواء ينخفض بانتظام بزيادة الارتفاع .

ونتيجة لهذا الانخفاض فى الكثافة ، ينتشر الغلاف الجوى فى نطاق كبير ، ويكون ارتفاعه أكبر كثيرا من الـ ٨,٧ كيلومترا ، مما لو كان تحت ظروف من الكثافة الثابتة . ومع ذلك فالهبوط فى الكثافة ، يصل إلى الحد - بأى مفهوم عملى - الذى يبقى الغلاف الجوى على طبقة خفيفة جدا فوق سطح الأرض . وعندما يكون الضغط الجوى على ارتفاع ٨ كيلومترات أو نحو ذلك ، يصبح من الخفة التى تكاد لا تساعد على الحياة . ولهذا السبب يلزم عند تسلق قمم جبال الهيمالايا الشاهقة توافر أسطوانات من الأكسجين .

وحتى هذه المعرفة بطبيعة الغلاف الجوى المرتبط بالأرض وإدراك وجود أصقاع شاسعة من الخواء (الفراغ) بين الأجرام الفلكية ، لم تجعل كتاب قصص الخيال العلمى يتوقفون عن الكتابة .

وما أن اختُرع البالون حتى بدا أنه الوسيلة المناسبة للوصول إلى ارتفاعات عالية . واختفت الدوامات والطيور والأجنحة . وفى أواخر سنة ١٨٣٥ ، نشر إدجار آلان بو Edgar Allan Poe (١٨٠٩ - ١٨٤٩) قصة هانز بفال Hans Pfaal ، وهى القصة التى صعد فيها البطل إلى القمر بواسطة البالون . وحبذ بو Poe الكثافة المتناقصة للهواء ، لكنه تغلب على ذلك بتخيل جهاز يسمى "مكثف" يضغط الهواء حول البالون . وفى

الواقع ، لا توجد مثل هذه المكثفات حتى اليوم ، ولا يحتمل أن توجد فى المستقبل ، لذا فلا يمكن لبالون أن يصعد إلى القمر .

وذلك لسبب واحد ، هو مشكلة التنفس . فى سنة ١٨٧٥ ، ارتفع ثلاثة ملاحين فرنسيين إلى ارتفاع يصل إلى ٩,٦ كيلومترا فى بالون ، حوالى ٨٠٠ متر أعلى من قمة جبل إفرست . ولسوء الحظ ، لم يحتمل اثنان من الملاحين التجربة المرهقة . واستطاع الملاح الذى ظل على قيد الحياة وهو جاستون تساندير Gaston Tissandier (١٨٣٥ – ١٨٨٩) أن يصف أعراض نقص الهواء واعتُبِر لذلك أبا "طب الطيران ."

والطائرات أقل تجهيزا لرحلات الطيران المرتفعة عن البالونات . وكلما ارتفعت يخف الهواء ، ولذا يجب أن تطير الطائرات بصورة أسرع حتى تحافظ على الرفع اللازم ، وهذا من شأنه أن يحدد الارتفاع الذى يمكن أن تصل إليه . وعموما ، إذا كان الهدف هو الوصول إلى ارتفاعات عالية ، فالبالون هو الوسيلة المناسبة لهذا الغرض .

ولو كانت البالونات سترتفع إلى أعلى من الرقم الذى سجله تيساندر Tissandi-er's mark وهو ٩,٦ كيلومترا ، فبدا أن الجندولات المفتوحة لن تفلح ، و كانت هناك حاجة إلى قمرات (كبائن) معزولة لكى تجعل ضغط الهواء عند المستوى الطبيعى . وهذا يعنى الحاجة إلى توافر وسيلة لامتصاص ثانى أكسيد الكربون كلما تكوَّن داخل القمرات ، ووسيلة لتجديد الأكسجين .

ولم تكن المشكلة مثل صعوبة إحكام الهواء الطبيعى داخل غواصة submarine . ففى غواصة يمكن أن يرتفع الضغط الخارجى إلى عدة وحدات من الضغط الجوى . وفى جندول بالون ، لا يمكن أن ينخفض الضغط الخارجى إلى أقل من صفر ضغط جوى . والاختلاف فى الضغط الجوى داخل الغواصة وخارجها يمكن أن يكون نتيجة لذلك عدة وحدات من الضغط الجوى ، بينما يكون الضغط الجوى فى جندول البالون دائما أقل من واحد ضغط جوى .

بعد ذلك ، أيضا ، ظهرت مواد أفضل لتصنيع البالونات . فالحرير سُمْكُه كبير نوعا ما ، ويحتاج صنع بالون جيد إلى عدة طبقات حتى يمكنه الوصول إلى ارتفاعات عالية . بالإضافة إلى ذلك ، فالحرير ، رغما عن أنه منسوج بإحكام ، إلا أنه منفذ بعض الشىء للهيدروجين . ونتيجة لذلك يفقد البالون تدريجيا الهيدروجين ويمتص الهواء بدلا منه ، بحيث يتناقص رفع البالون تدريجياً .

ومع ذلك ، فمع مقدم القرن العشرين أمكن استخدام اللدائن فى تصنيع البالونات ، حيث تكون البالونات المصنوعة من اللدائن أخف وأرفع من الحرير ، ومع ذلك تصبح قوية بدرجة كافية لهذا الغرض ، وتكون أقل مسامية من الحرير أيضا .

وإحدى المخاطر الكامنة فى البالونات (والمناطيد أيضا) هى قابلية الهيدروجين الموجود بها للاشتعال . ويمكن أن تنشأ الحرائق بسبب شرارة بالصدفة ، أو تفريغ كهربى ، وتدمر المركبة وركابها . فقد أدى حريق الهيدروجين إلى تدمير الهيندبرج ، على سبيل المثال .

بيد أنه فى سنة ١٨٩٥ ، اكتشف الكيميائى الأسكتلندى وليام رامزى William Ramsey (١٨٥٢ - ١٩١٢) غاز الهليوم النادر ، الذى له كثافة أعلى من الهيدروجين . فكثافة الهليوم ضعف كثافة الهيدروجين ، ورغما عن ذلك ، فللهليوم أكثر من تسعة أعشار قوة الرفع التى للهيدروجين . فتخلفه الطفيف عن الهيدروجين فى قوة الرفع يعوضه أن الهليوم غاز خامل تماما ولا يحترق ، ولا يتسرب من المادة التى يصنع منها البالون مثلما يحدث فى حالة الهيدروجين .

فى سنة ١٩١٣ ، استخدم أوجست بيكارد الذى صمم مؤخرا الباثيسكاف بالونا من البلاستيك مع جندول محكم الغلق وارتفع لمسافة ١٥,٨ كيلومترا فى الجو - حوالى ضعف ارتفاع جبل إفرست - فى رحلة طيران مدتها ١٨ ساعة .

واعتبر هذا المرة الأولى التى يرتفع فيها إنسان أو أى كائنات حية (فيما عدا ربما البوغات الميكروسكوبية التى تحملها الرياح) إلى ما وراء أعلى السحب .

وهذه التغيرات التى تجعل للطقس سمة مميزة مثل تكوين السحب وتكثف البخار والعواصف الجوية تقع تحت الغلاف الجوى . وفى سنة ١٩٠٨ أطلق عالم الأرصاد الجوية الفرنسى ليون تيسرين دو بورت Leon Teisserenc de Bor (١٨٥٥ - ١٩١٣) على هذه المنطقة الدنيا لذلك السبب اسم "التربوسفير" troposphere (نطاق التغير) .

والترابوبوز tropopause هو الحد الأعلى من تربوسفير تيسرين دو بورت ، ويتراوح ارتفاع الترابوبوز تبعا لخط العرض ، من ارتفاع حوالى ١٦ كيلومترا عند خط الاستواء إلى ٨ كيلومترات فقط عند القطبين .

واعتقد تيسرين دو بورت أن فوق الترابوبوز ، طبقة الغلاف الجوى الرفيعة ، لا توجد بها عواصف ولا تغير ، وتوجد فى طبقات هادئة ، وأطلق على هذه الطبقة اسم الاستراتوسفير stratosphere (نطاق الطبقات) . وفى تلك الطبقة من الغلاف الجوى قام بيكارد بأول اختراق بشرى ناجح للجو .

كانت لا تزال البالونات تصعد لأعلى . ففى سنة ١٩٦١ ، صعد بالون وعلى متنه ضابطان بحريان أمريكيان إلى ارتفاع ٣٤,٦٦٨ كيلومترا ، وفى سنة ١٩٦٦ ، سجل رقم غير رسمى ٣٧,٧ كيلومترا . وقد وصلت بالونات لا تحمل اسما إلى ارتفاعات حوالى ٤٧ كيلومترا ، أى ما يزيد عن ارتفاع قمة إفرست بخمس مرات .

موجات الراديو والإلكترونات

لا يبدو من المحتمل أن البالونات أو أى وسيلة أخرى تحتاج إلى الهواء للاحتفاظ بارتفاع فوق سطح الأرض أن تصل إلى ارتفاعات أعلى مما سجلته فى العقدين الأخيرين . ومع ذلك ، هناك طرق غير مباشرة لدراسة الغلاف الجوى عند الارتفاعات الأكبر .

فى ١٢ ديسمبر ١٩٠١ ، نجح المهندس الإيطالى جوجلييمو ماركونى Guglielmo Marconi (١٨٤٧ – ١٩٣٧) فى إرسال إشارات راديوية من إنجلترا إلى نيوفوندلند عبر المحيط الأطلنطى . و عادة ما يعتبر هذا بمثابة اكتشاف للراديو . تنتقل هذه الإشارات الراديوية بواسطة موجات الراديو ، التى تشابه فى طبيعتها موجات الضوء لكنها أطول منها بمليون مرة أو نحو ذلك .

ومثل موجات الضوء ، تنتقل موجات الراديو فى خطوط مستقيمة ، ولذا لا يمكن اكتشاف انتقال الموجة الراديوية وراء الأفق . وعلى الرغم من هذا ، انتقلت موجات ماركونى من إنجلترا إلى نيوفوندلند حول منحنى الأرض .

واقترح كل من مهندس الكهرباء البريطانى الأمريكى ، أرثر إدوين كينلى Arthur Edwin Kenelly (١٨٦١ – ١٩٣٩) ، ومهندس كهرباء إنجليزى ، أوليفر هيفيسايد Oliver Heaviside (١٨٥٠ – ١٩٢٥) على انفراد فى سنة ١٩٠٢ ، أن موجات الراديو

تنعكس بواسطة الأيونات (شظيات ذرية مشحونة كهربيا) ولذلك يجب أن تكون هناك طبقة عالية من الأيونات فى الغلاف الجوى تعكس موجات الراديو . (وقد أصبح هذا ما يسمى بطبقة كينلى - هيفيسايد Kennelly-Heaviside layer) وتستطيع موجات الراديو بارتدادها جيئة وذهاباً بين طبقة كينلى-هيفيسايد والأرض أن تنتقل حول منحنى الكرة الأرضية .

عندما درس الفيزيائى الإنجليزى إدوارد فيكتور أبلتون Edward Victor Apleton (١٩٠٢ - ١٩٦٥) طريقة تداخل موجات الراديو إحداها مع الأخرى ، قدم دلالة مقنعة فى سنة ١٩٢٢ ، بأن الاقتراحات النظرية لكينلى وهيفيسايد كانت دقيقة ، وأنها كانت بالفعل طبقة غنية بالحديد فى الغلاف الجوى الأعلى . وباقتراب عام ١٩٢٤ ، استطاع أبلتون أن يوضح أن طبقة كينلى هيفيسايد كانت ترتفع حوالى ٩٥ كيلومترا عن سطح الأرض . وقدم أيضا دلالة على وجود مناطق أغنى بالأيون (طبقات أبلتون Appleton layer) وفى سنة ١٩٢٦ ، أوضح أن بعضاً من هذه الطبقات ترتفع ٢٤٠ كيلومترا .

ولذلك السبب يسمى جزء الغلاف الجوى الواقع بين ارتفاع ٥٠ و٣٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض بـ الأيونوسفير ionosphere .

ولا تتعدى كثافة الغازات فى طبقة الأيونوسفير الواحد من البليون من كثافة الغلاف الجوى عند سطح البحر ، غير أن هذه الكثافة لا تزال أكبر كثيراً من الأبخرة فوق الضعيفة الموجودة فى أعماق الفضاء ، وهى على درجة من الكثافة حتى يحدث بها ظواهر ملحوظة .

يجرى قذف الأرض ، على سبيل المثال ، على الدوام بكميات هائلة من قطع صغيرة من مواد (ربما تكون بقايا شهب تفتتت من فترة طويلة) تنفذ إلى الغلاف الجوى فى صورة نيازك ، وتكون بحجم الدبوس أو أقل . ولما كانت هذه المواد تنتقل خلال الغلاف الجوى بسرعة كبيرة تصل إلى ٢٠ كيلومترا فى الثانية أو أكثر ، فإنها تضغط الغازات الواقعة فى جهتها وتسخنها ، وتصل إلى درجات حرارة تظهر من خلالها وامضة مرئية ، ويمكن اكتشافها من الأرض بالعين المجردة فى صورة نيازك أو شهب . هذه النيازك تومض وتحترق وهى لا تزال موجودة فى منطقة الأيونوسفير . وهى لا توضح فقط وجود الغازات الخفيفة فى تلك المنطقة التى تستخدم كحماية ضد هذه القذائف الدبوسية المحتشدة ، لكنها توفر لنا أيضا بيانات تفيدنا بمعلومات عن هذه الغازات .

ومن الواضح أن هناك ظواهر مرئية تقع على ارتفاعات أكبر من ذلك .

وتعتمد هذه الظواهر على أن الأرض نفسها مغناطيس ، وهى الحقيقة التى أوضحها لأول مرة فى سنة ١٦٠٠ الفيزيائى الإنجليزى ويليام جلبرت Wiliam Gilbert (١٥٤٤ - ١٦٠٣) وهذا يعنى أن الأرض تحيط بها خطوط قوى مغناطيسية ، مثل أى مغناطيس .

وأى جسم متحرك مشحون كهربيا يتفاعل مع خطوط القوى المغنطيسية ، ويجب أن يبذل طاقة حتى يعبرها . وتحتاج هذه الأجسام المشحونة لكى تنتقل بمحاذاة خطوط القوى إلى طاقة أقل من الطاقة التى تحتاجها لكى تعبرها (مثلما نحتاج طاقة أقل عندما نمشى فوق أرضية مستوية عما نصعد أو نهبط سلالم) .

تتكون جميع المواد من ذرات ، والتى بدورها تتكون من ثلاثة أنوا ع من الجسيمات دون الذرية . ويحمل اثنان من هذه الجسيمات دون الذرية شحنات كهربية ، حيث تحمل البروتونات شحنات كهربية موجبة وتحمل الإليكترونات شحنات كهربية سالبة .

وكان أول من تعرف على الإليكترون وقام بدراسته فى سنة ٧٩٨١ ، هو الفيزيائى الإنجليزى جوزيف جون طومسون Joseph John Thomson (١٨٥٦ - ١٩٤٠) ، ويعتبر الإليكترون أخف الجسيمين ، إذ له من الكتلة ١/٨٣٧ من كتلة ذرة الهيدروجين (التى تعتبر أصغر الذرات) . وبسبب خفة الإليكترون فإنه ينحرف بسهولة بواسطة خطوط القوى المغناطيسية على وجه الخصوص ويميل إلى السير بجوارها فى حلزونات دقيقة .

وتنتقل خطوط القوى المغنطيسية للأرض من القطب المغنطيسى الشمالى إلى القطب المغناطيسى الجنوبى وتملأ الفضاء فيما بينهما . ويقع القطب الشمالى المغناطيسى فى أقصى أطراف كندا ، ويقع القطب الجنوبى المغنطيسى عند حافة الأنتاركتيكا . ولهذا السبب ، تنحنى خطوط القوى المغنطيسية لأسفل نحو الأرض فى المنطقتين القطبيتين ، وتنتقل الإليكترونات المحجوزة فى خطوط هذه القوى لأسفل أيضاً .

وعندما تتحرك الإليكترونات لأسفل ، فإنها تصل إلى المناطق العليا من الغلاف الجوى ، حيث تصطدم بالذرات . وتتحول بعض طاقة الاصطدام إلى وميض ضوئى . ونتيجة لذلك فإن المناطق القطبية تعتبر ساحات العروض المضيئة أثناء الليالى الطويلة .

وتلك هـى ظاهرة الشـفق aurorae ، من كلمـة لاتينيـة بمعنى فـجـر ، حـيث يرى المسافرون شمالاً ضوءاً خافتا فى الأفق الشمالى ، ويعتبرونه مثل بزوغ الفجر فى الاتجاه الخاطئ . والليالى الشمالية فى المنطقة القطبية الشمالية هى الشفق الشمالى ، والليالى الجنوبية فى المنطقة القطبية الجنوبية هى الشفق الجنوبى .

ويجعل ضوء الشفق القطبى الشمالى المتغير الملون من الشفق جميل المنظر ، ويمتد الارتفاع الذى يظهر منه من حوالى ١٠٠ كيلومتر إلى ١٠٠٠ كيلومتر أو حتى ٢٠٠٠ كيلومتر . ولا يزال هناك عند هذه الارتفاعات القصوى نذر يسير من الذرات الجوية تجعل الإلكترونات المتسارعة تتصادم مع بعضها وتعطى التأثير المرئى .

وتسمى المنطقة وراء الأيونوسفير القادرة على إحداث تأثيرات الشفق بالغلاف الجوى الخارجى (إيكسوسفيرexosphere) . ويتضاءل الإيكسوفير بصورة تدريجية فى خواء الفضاء بين الكواكب . (ولا يعتبر الخواء فارغا بالفعل ، فحتى بعيداً جداً عن أى كوكب هناك خليط متناثر من أنواع عديدة من الذرات – ولكن لا يكفى عدد كبير منها لتكوين الشفق المرئى) .

ويمكننا القول ، إذن ، أن الغلاف الجوى للأرض بحسب تأثيراته المشاهدة يمتد لأعلى من سطح الأرض إلى حوالى ٢٠٠٠ كيلومتر . ومن خلال أقصى التقديرات ، إذن ، يعتبر جو الأرض ظاهرة محلية تمتد حوالى ١/٢٠٠ فقط من المسافة إلى القمر . والأكثر من ذلك ، فقد ارتفعت البالونات مجهولة الهوية لأعلى أقل من ١/٨٠٠٠ المسافة إلى القمر ، ولم ترتفع البالونات التى حملت بشراً أكثر من ١/١٠٠٠٠ هذه المسافة .

الهوامش

(١) الجرام (١/١٠٠٠ من الكيلوجرام) يساوى فى القياس الأمريكى ٠,٣٥ أونسا ، بحيث تساوى ٨٥ جراما ثلاث أونسات .

(٢) الطائر الفيل (أبيورنيس مدغشقر) : طائر ضخم يعرف من العصر البلستوسينى والعصر الهولوسينى ، وهى بقايا حفرية وجدت فى مدغشقر CAMBRODGE PAPERBACK ENCYLOPEDIA .

الفصل الثامن

ما بعد البالون

الفعل ورد الفعل

ربما بدا للذين لم يروا التطورات التى حدثت بعد اختراع البالون، أن أفق الإنسانية قد تحدّد - وربما للأبد - فيما يتعلق بالتطلع إلى الآفاق العلوية.

ومع ذلك تصور أننا سندرس مسألة الانتقال .

عندما أمشى أتقدم للأمام من خلال دفع الأرض بقدمىّ لتكون خلفى . إن لم تر أهمية لهذا الدفع فحاول أن تمشى على جليد أملس جدا(أو على سطح مدهون بالشمع)، وبسبب عدم الاحتكاك لن تستطيع قدماك الثبات على السطح الذى تقف عليه وتنزلق هنا وهناك، وربما تسقط لكنك لن تتقدم خطوة للأمام. ويصدق هذا على كل الحيوانات البرية، سواء أكانت تمشى مثلنا أم تركض كالجياد، أم تقفز كالكنغارو، أو تسعى (تزحف) كالحية.

وبالمثل، فإننا نتحرك فى الماء من خلال دفع الماء خلفنا بواسطة أيدينا وأقدامنا، مثلما تتحرك الأسماك بأذيالها، وعجل البحر والبنجوين بمنقاره والحيتان بذنبها، وهلم جرا.

والأطراف البشرية المساعدة على الحركة هى النظائر المساعدة على الحركة كأذناب الحيوانات البحرية وأجنحة الطيور.

ومادمنا لا نستطيع التقدم للأمام إلا بدفع الوسط الذى نتحرك فوقه أو خلاله للخلف ، فسوف يبرز لنا الفضاء كمشكلة خطيرة. والفضاء فى كنهه خواء (فراغ) لا يحتوى على شىء نتحرك خلاله .

ومع ذلك فالحركة فى الفضاء ممكنة، لأن كلاً من الأرض والقمر يتحركان فى الفضاء، وقد كانا يقومان بذلك منذ بلايين السنين، وسوف يستمران فى الحركة لبلايين أخرى من السنين.

والسرعة عامل مهم بالنسبة للأجرام السماوية ، فلو كان القمر يتباطأ فى سرعته باستمرار حول الأرض(كما يحدث لو كان ينتقل خلال الهواء)، لكان قد تلولب نحو الأرض واصطدم بها فى النهاية. وبالمثل، فأرض متباطئة الحركة تتلولب نحو الشمس وتصطدم بها فى النهاية.

ولو أن مركبة أرضية اكتسبت بطريقة ما قدراً من السرعة فيمكنها الدوران حول الأرض وتظل هناك لأجل غير مسمى (لو كانت السرعة عالية بقدر كاف يجنبها فقد الطاقة خلال الاحتكاك بآثار من الهواء فى طبقات الجو العليا). **وأقل سرعة مطلوبة للحركة فى مدار هى حوالى ٨ كيلومترات فى الثانية. وسرعة ١١,٣ كيلومتراً فى الثانية (سرعة الهروب) escape velocity تجعل المركبة تفلت من قبضة جاذبية الأرض وتتحرك بعيدا عنها بشكل غير محدد.**

فإذا اكتسبت مركبة سرعة تكفى فقط لجعلها تدور فى مدار ولا يمكن أن تفعل شيئا أكثر من ذلك لعدم وجود الوسط التى تندفع نحوه ، فلا يمكنها أن تفعل شيئا سوى الاستجابة إلى مجالات الجاذبية، وتصبح فى حالة سقوط حر(١) free fall، إذ تتحرك أتوماتيكياً فى أحد المدارات، مثلما يدور القمر حول الأرض وتدور الأرض حول الشمس.

ودوران مركبة فى حالة سقوط حر حول الأرض، قد يكون لا يزال مفيداً بصورة هائلة على الرغم من عدم قدرتها على المناورة، فقد يمكن أن تحمل المركبة أجهزة تخبرنا بظروف الفضاء التى لا تستطيع الأجهزة المثبتة على سطح الأرض إخبارنا بها.

والسؤال ،إذن، هو هل تستطيع مركبة أن تكتسب قدراً من السرعة يمكنّها من الدخول فى مدار على ارتفاع كاف يجعلها تدور فيه لفترة زمنية طويلة نسبياً ؟

مادمنا سنستخدم أجهزة تتقدم بدفع الوسط خلفها، فيبدو أن احتمال السفر إلى الفضاء يكاد يكون معدوماً. وأسرع الوسائل (الأجهزة) ، سواء كانت طبيعية (كالطيور)

أو من صنع الإنسان التى تحدث هذا التقدم، هى الطائرة المدفوعة بمروحة، **وأكبر سرعة حصلت عليها هذه الطائرات هى حوالى ٠,٢٥ كيلومترا فى الثانية.** وتمثل هذه السرعة ١/٣٢ من السرعة المطلوبة لوضع جسم فى مدار حول الأرض، ولا يحتمل أن تؤدى التحسينات التى تجرى على الطائرات المدفوعة بمروحة إلى زيادة هذه السرعة بدرجة كبيرة .

هل هناك من وسيلة أخرى للحركة لا تحتاج إلى دفع الوسط خلفها ؟

والإجابة هى – نعم! هناك بالفعل كائن حى يستخدم وسيلة دفع مختلفة اختلافًا جوهريًا عن الوسائل التى ذكرناها من قبل.

فالحبّار sqid يمكنه التحرك للأمام عن طريق طرد نفّاث من الماء للخلف. وتعادل الحركة الخلفية للنفاث الحركة الأمامية للحبار. فقد يبدو كما لو أن النفاث يندفع فوق الماء لكى يجعل الحبار يندفع للأمام، غير أن الحال ليس كذلك. فلو كان الحبار فى خواء (ويمكنه البقاء فى هذه الظروف) ، ولو كان لديه ماء يندفع للخلف فلا يزال يمكنه التقدم للأمام، ومع ذلك فلا يوجد الشىء الذى يندفع خلاله الماء المندفع من الحبار.

وهكذا، تخيل لو أنك تقف على سطح أملس–أرضية مشبعة بالشمع،أو بركة تغطيها طبقة من جليد ناعم، أو شىء من هذا القبيل، شىء من النعومة بحيث إنك لا تستطيع التحرك للأمام بأن تدفع بيديك المادة التى تقف عليها، فسوف تجد يديك تنزلقان باستمرار .

تخيَّل، أكثر من ذلك، أن لديك كومة من الحصى الثقيل نوعًا ما فى حجرك. فإذا رميت حصاة فى اتجاه معين، فسوف تجد نفسك تنزلق ببطء فى الاتجاه المعاكس. وإذا رميت حصاة ثانية وثالثة ورابعة، ورميت الكل فى نفس الاتجاه المعين، فسوف تتزايد سرعتك مع كل حصاة ترميها. أيضا لن يحدث هذا الانزلاق لأن الحصى المقذوف يندفع ضد الهواء. فقد يحدث الانزلاق لو أنك ارتديت حلة فضاء واقية، وكنت جالسا يحيط بك الخواء من كل جانب. وفى الحقيقة، سوف يحدث هذا الدفع بكفاءة فى خواء (فراغ)، لأن مقاومة الهواء التى تعترض طريق حركة الحصى أو طريقك ستتلاشى.

هذه الطريقة للبدء من سكون وإحداث حركة فى اتجاهين متضادين هى مثال لشىء يسمى بقانون حفظ كمية الحركة the law of conservation of momentum. هذا المثال الخاص من ذلك القانون يسمى أيضا قانون الفعل ورد الفعل the law of action and reaction[٢]، وأول من أعلن عنه هو نيوتن فى سنة ١٦٨٧ . وهناك تسمية أخرى لهذا القانون هى قانون الحركة الثالث لنيوتن.

(وبادئ ذى بدء، فقانون الفعل ورد الفعل قانون نظرى محض مادام الفضاء مأخوذاً فى الاعتبار، لأن نيوتن لم يصعد للفضاء ليختبر فكرته، لكن القانون اختُبِر منذ ذلك الحين مرات عديدة، ويمكنك التأكد من ذلك) .

ويمكن أن يستخدم القانون فى حالة الطائرات. افترض أن الوقود احترق داخل الآلة، وأجبرت غازات العادم الساخنة على الخروج من الخلف بسرعة خلال فتحة لتشكل نفّاثا من الغاز عالى السرعة، فسوف يؤدى اندفاع النفاث للخلف إلى أن تندفع الطائرة للأمام.

ويعتبر فرنكلين هويتل Frank Whittle (١٩٠٧-) هو أول من اخترع محرك نفاث عملى للطائرات ، وهو مهندس بريطانى الجنسية حصل على براءة اختراع على فكرته سنة ١٩٣٠ . والألمان هم أول من طيّروا طائرة نفاثة فى أغسطس ١٩٣٩ ، والبريطانيون فى مايو ١٩٤٩ ، وسرعان ما لحق بهم الأمريكيون أيضا، وباقتراب الحرب العالمية الثانية أصبحت الطائرات النفاثة تستخدم فى القتال.

وتطور الدفع النفاث بسرعة، وفى غضون بضع سنوات كانت الطائرات النفاثة تطير بسرعة أكبر من الطائرات المروحية ، وأبطل النقل التجارى الجوى كل أنواع الأسفار طويلة المسافة عندما دخلت الطائرات النفاثة السريعة الخدمة.

فى ١٤ أكتوبر ١٩٤٧، طار الطيار الأمريكى شارلس إى. يجر Charles E. Yeager (١٩٢٣-) بسرعة أكبر من سرعة الصوت، ذلك الشىء الذى جرى التعارف عليه بأنه كسر حاجز الصوت sound barrier. وقد حقق سرعة قدرها ١٠٨٠ كيلومترا فى الساعة تحت ظروف من درجة حرارة الهواء والضغط، بلغت فيها سرعة الصوت ١٠٦٠ كيلومترا فى الساعة.

ومنذ ذلك الحين طارت الطائرات النفاثة بسرعات تصل إلى ٧٢٥٠ كيلومترا فى الساعة، أو ما يقدر بحوالى ٢ كيلومترا فى الثانية، ولكن برغم هذه السرعة فإنها لم تبلغ سوى ربع السرعة المطلوبة لدفع جسم فى مدار حول الأرض.

ولكى نحصل على السرعة المطلوبة لدفع جسم فى مدار حول الأرض، فمن المفيد لو استخدم جهاز يمكن تعجيله عند ارتفاعات عالية، حيث تنخفض مقاومة الهواء لدرجة أن لا يكون لها تأثير كبير (أو تعمل على تسخين الجسم بدرجة خطيرة، لهذا السبب). ومع ذلك، تحتاج الطائرة النفاثة إلى أكسجين لحرق وقودها، ويجب أن تحصل على هذا الأكسجين من الجو. فلو كانت الطائرة على ارتفاع كاف لتسرع بسهولة دون خوف مفرط من المقاومة والحرارة، فلن يكون هناك ضغط كاف من الأكسجين فى الجو بالخارج يساعدها على إحراق الوقود.

فحتى الطائرات النفاثة لا يبدو أنها الوسيلة المناسبة لاستكشاف الفضاء.

الصواريخ فى مهدها :

كان المطلوب، إذن، جهازاً يستخدم مبدأ النفاث، ولا يحتاج الوقود الذى يستخدمه إلى أكسجين الجو لكى يحترق.

وأول مادة وجد أنها تحترق دون الحاجة إلى أكسجين الجو هى خليط من نترات البوتاسيوم والكبريت والفحم. والكبريت والفحم من المواد القابلة للاشتعال؛ أى أنهما تتحدان بسرعة مع الأكسجين. ويمكن الحصول على الأكسجين من نترات البوتاسيوم، حيث يوجد الأكسجين متحداً كيميائيا مع البوتاسيوم والنتروجين. وعندما تختلط المواد الثلاث بالنسب الصحيحة وتسخن يكون الاتحاد الكيميائى سريع جدا، وينشأ عنه قدر كبير من البخار.

والخليط هو ملح البارود **gunpowder**. فإذا ما وضع الخليط فى مكان محكم، يحدث التحول السريع للغاز بشكل أو آخر مع التسخين، حيث لا يحتاج إلى أكسجين

جوى. وضغط البخار الذى تكوّن يحتمل أن يفجر الوعاء ويُحدث صوتًا مدويًا. وكان ملح البارود هو أول مادة متفجرة يجرى اكتشافها .

تم اكتشاف ملح البارود لأول مرة فى الصين خلال العصور الوسطى، ووصلت معلوماته إلى أوروبا فى القرن الثالث عشر. وظل المادة المتفجرة الوحيدة المعروفة حوالى ستة قرون من بعد ذلك.

وإذا ما وضع ملح البارود فى أسطوانة بها فتحة صغيرة فى أحد طرفيها، فعندما يشتعل حينئذ، يندفع البخار بقوة من هذه الفتحة الصغيرة، وترتد الأسطوانة بسرعة للخلف ، والنتيجة هى صاروخ **rocket**.

ظهرت الصواريخ لأول مرة فى الحرب فى سنة ١٢٣٢، عندما استخدمها الصينيون فى صد هجوم المغول. وطوال قرون من بعد ذلك، ظلوا يستخدمونها على نحو متباعد. وكان يجرى صنعها تدريجيًا بصورة أكثر ضخامة وقوة، وأرسلت القوة الصاروخية كتلاً من المقنوفات السريعة على قوات العدو. وفى تسعينيات القرن الثامن عشر، استخدمتها الجيوش الهندية بقيادة تيبو صاحب **Tipu Sahib** (١٧٥١-١٧٩٩) فى صد هجوم البريطانيين.

وبعد أن اختبر ضابط المدفعية البريطانى ويليام كونجريف **William Congreve** (١٧٧٢-١٨٢٨) هذه الصواريخ بدأ فى تحسينها بصورة أفضل. وفى سنة ١٨٠٥، صنع صاروخًا طوله متر، له عصا مثبته تجعله يتحرك فى الاتجاه المقصود دون أن يتغير اتجاهه أو يسقط. وكان طول العصا خمسة أمتار، وكان يصل مدى الصاروخ ١,٨ كيلومترًا .

واستخدم البريطانيون صواريخ كونجريف فى القذف أثناء الحروب النابليونية، واستخدمت أيضًا لقذف قلعة ماكنرى **Fort McHenry** فى ميناء بالتيمور خلال حرب سنة ١٨١٢ . وذكر فرانسيس سكوت كى **Francis Scott** (١٧٧٩-١٨٤٣) الذى راقب القذف وكتب الأشعار بهذه المناسبة التى تعرف حاليًا **"The Star-Spangled Banner"**، الوميض الأحمر للصواريخ، مشيراً بذلك إلى صواريخ كونجريف.

وكانت المدفعية التقليدية هى الطريقة الأخرى لإرسال قذائف بسرعات عالية على قوات العدو . فقد كانت توضع كميات من ملح البارود فى أسطوانة مغلقة من إحدى طرفيها (مدفع)، وتوضع أمامها كرة من الحجر أو المعدن مثبتة بإحكام. ويؤدى انفجار ملح البارود إلى دفع القذيفة خارج فتحة المدفع وتصويبها تجاه العدو.

كانت المدافع ثقيلة وعويصة وصعبة التصنيع، وكانت الكرات التى تقذفها تتحرك بأقصى سرعة لها عندما تترك فوهة الأسطوانة. وكان ينجم عنها أيضًا ارتداد قوى. وبالمقارنة، كانت الصواريخ أخف، وأسهل فى التعامل والتصنيع، وتتحرك بصورة أسرع وأسرع ما بقى ملح البارود. والأكثر من ذلك، لم تكن الصواريخ ترتد للخلف .

وعلى الرغم من ذلك، فقد جعلت أوجه التقدم التى حدثت فى المدفعية خلال أوائل القرن التاسع عشر أن أصبح قذف المدفع أكثر دقة من قذف الصاروخ. وعلاوة على ذلك، تقذف المدفعية بكتل كبيرة. ولهذا السبب بطل استخدام صواريخ كونجريف.

ومع ذلك، فلم تحتضر صناعة الصواريخ **Rocketry** تمامًا، واقتصر استخدامها فى الحروب على القيام بالمهام الصغرى. وخلال الحرب العالمية الثانية، بدأت تظهر أهمية الصواريخ مرة أخرى. فقد طور الجيش الأمريكى، على سبيل المثال، استخدام البازوكة[٣] **bazooka**. وقد كانت تعمل بمبدأ قصبة النفخ، التى كان يوضع على طولها رمح خفيف مسمم، يمكن دفعه بنفخة نفث. وكانت البازوكة عبارة عن أسطوانة طولها ١,٥ مترا، يوضع على طولها صاروخ خفيف يتخذ طريقه ويوجه بكفاءة على الدبابات المعادية. ويمكن أن يوجه البازوكة أحد الجنود . ولا يستطيع جندى واحد أن يحمل قطعة من المدفعية لها قوة مكافئة لقوة الصاروخ ، ولا يمكن أن يتوقع أن تكون قطعة مدفعية بلا ارتداد (المقصود بالارتداد اندفاع المدفع للخلف بعد انطلاق القذيفة).

استخدم الجيش الروسى بكفاءة نظمًا متتابعة من منصات الصواريخ، وهى سلاح أطلقوا عليه صاروخ كاتيوشا **Katyusha**.

ولم يكن من المتصور استخدام الصواريخ كأسلحة للحرب فقط ، فقد كانت الصواريخ التى يستخدم فيها ملح البارود، قبل كل شىء، مثالاً لشىء متحرك يمكن أن

يعمل فى خواء ويناور هناك، ويمكن تصورها نتيجة لذلك أجهزة تحمل حتى البشر أنفسهم فيما وراء الغلاف الجوى.

وكانت أول مناسبة يوصف فيها هذا فى قصة من قصص الخيال العلمى لم يكتبها سوى جندى فرنسى، هو المبارز والشاعر ذو الأنف الطويل سيرانو دو بيرجراس Cyrano de Bergerac (١٦١٩-١٦٥٥) فقد كتب قصة خيال علمى رومانسية عن رحلات إلى القمر والشمس، نشرت بعد وفاته بسنة ١٦٥٧ . وفى القصة كان لبطلها مشروع رحلة إلى القمر يستخدم فيها مهارات عديدة، معظمها خيالية وعديمة الجدوى. ومع ذلك تضمنت واحدة منها استخدام الصواريخ. فقد استخدم بطل القصة حتى الصواريخ، والتى رغما عن ذلك لم تكن كافية لحمله إلى القمر. وقد أنجز العمل بصورة ناجحة بواحدة من الطرق الأخرى.

وقد طرأت فكرة الصواريخ فى رأس سيرانو قبل أن يضع نيوتن علم الصواريخ على أرضية نظرية ثابتة بثلاثين عاماً، من خلال قانونه الثالث للحركة. ولم تطرأ فكرة صواريخ سيرانو، مع ذلك، فى مخيلة كتّاب خيال علمى آخرين.

فى سنة ١٨٢٧، نشر المعلم الأمريكى جورج تكر George Tucker(١٧٧٥-١٨٦١) قصة بعنوان رحلة إلى القمر A Voyage to the Moon، استخدم فيها لهذا الغرض مادة معادلة للجاذبية. وقد استخدم نفس هذا الجهاز الكاتب البريطانى هـ.ج.ويلزH.G.Wells (١٨٦٦-١٩٤٦٦). فى سنة ١٩٠١، ولسوء الحظ فإن مضاد الجاذبية[٤] antigravity لا يزال حتى اليوم فانتازيا (خيال جامح)، فهو ليس وراء قيود التكنولوجيا الحالية فقط، لكنه ربما يكون مستحيلاً من الناحية النظرية (مع أنه من الخطر دائما إبداء هذه المقولة).

فى سنة ١٨٦٥، كما قلت من قبل، استخدم الأديب إدجار آلان بو فى قصته بالونًا لكى يجعل بطله يصعد إلى القمر. وهذا بالطبع مستحيل تماماً.

فى سنة ١٨٦٥، كتب الكاتب الفرنسى جيوليه فرن Jules Verne (١٨٢٨-١٩٠٥) **قصة من الأرض إلى القمر From the Earth to the Moon**، جعل فيها أبطاله يصلون إلى القمر بعد قذفهم من صاروخ عملاق.

ويمكن أن تنجح هذه الفكرة، بمعنى أنه يمكن تصور جسم مقذوف بواسطة شحنة متفجرة ضخمة جداً بحيث تخرج من فوهة المدفع بسرعة أكبر من سرعة الهروب (الإفلات)[٥]. وسوف يندفع الجسم بعد ذلك فى الجو ومنه إلى الفضاء (على شرط أن تكون سرعته أعلى من سرعة الهروب بقدر كاف بحيث تتغلب على تأثير مقاومة الهواء الذى يعمل على إبطاء هذه السرعة)، وخلال الفضاء ينتقل بصورة غير محددة. وسوف ينحنى مساره تحت تأثير جاذبية الأرض، لكن إذا كان هذا التأثير مأخوذاً فى الاعتبار وإذا تم توجيهه بدقة فسوف تحمله حركته إلى القمر.

وتظهر المشكلة، مع ذلك ، فى أن الجسم المقذوف يكتسب سرعته النهائية خلال طول المدفع، وأن التعجيل السريع للجسم المقذوف يحطم ويقتل أى إنسان موجود بالمركبة. ومن ناحية أخرى، يكتسب الصاروخ سرعته على مدى عدة كيلومترات، ويظل يكتسب هذه السرعة مادام وقوده يحترق ومادام الغاز مندفعاً إلى الخلف. ونتيجة لذلك يصبح التسارع أقل. وبينما يحتاج الصاروخ إلى وقت أطول للوصول إلى سرعة الهروب (الإفلات) مما يحتاجه جسم مقذوف من مدفع، فإن الأول له ميزة، على الأقل، وهى الحفاظ على طاقمه (ركابه) أحياء.

فى سنة ١٨٦٩ ، كتب الكاتب الأمريكى إدوارد إفرت هول **Edward Everett Hale** (١٨٢٢–١٩٠٩) قصة بعنوان **The Brick Moon**، وضع فيها مركبة فضاء غير مكتملة التشطيب من غير قصد فى مدار حول الأرض، عندما انطلقت بقوة لأعلى بواسطة حدافتين عملاقتين **giant flywheels** . وهذا أساسا يكافئ كونها مقذوفة بمدفع، ويمكن أن يثار نفس الاعتراض.

والصاروخ الوحيد الذى ظهر فى قصص الخيال العلمى فى القرن التاسع عشر كان فى كتاب غامض، هو (رحلة إلى كوكب الزهرة)،الذى نشره سنة ١٨٦٥ الكاتب الفرنسى أشيل إيرود **Achille Eyraud**، والذى، مع ذلك ، أدخل فكرة عمل الصارخ **rocket principle** بصورة خاطئة ، إذ اعتقد أنه يمكن تجميع عادم الصاروخ وإعادة استخدامه مرات عديدة.

وعموماً، فقد تعامل المخترعون مع مبدأ عمل الصاروخ بطريقة أفضل مما تعامل به كتّاب الخيال العلمي.

وفي الفترة التي كان يصنع فيها كونجريف صواريخه، كان هناك صانع ألعاب نارية إيطالي يدعى كلود رجري Claude Rugieri، يرسل فئرانًا وجرذانًا في حاويات ملحقة بالصواريخ ويعيدها بأمان إلى الأرض بواسطة باراشوت. والحكاية هي أنه خطط لاستخدام مجموعة من الصواريخ الكبيرة تكون لها القدرة على إرسال خروف أو شاب إلى أعلى، لكن الشرطة أوقفته.

بعد ذلك كان هناك صانع متفجرات روسي هو نيكولاي إيفانوفيتش كيبالشيش Nikolai Ivanoich Kibalchich، الذي صنع قنابل لاستخدامها في اغتيال القيصر ألكسندر الثاني Czar Alexander II قيصر روسيا سنة ١٨٨١ .

حوكم كيبالشيش واتهم (ومعه آخرون) وأدين ونفذ فيه حكم الإعدام . بيد أنه أثناء انتظاره حكم الإعدام، ابتكر خطة لطائرة تعمل بقوة صاروخية، وقد كتبها بالتفصيل وقدمها إلى سلطات السجن. والسلطات التي لم تكن راغبة في التعامل مع عمل رجل ثوري فوضعت الخطة في مكان خفي، وظلت هناك حتى قيام الثورة الروسية.

وكان طالب قانون ألماني، هيرمان جانسوندت Hermann Ganswindt (١٨٥٦-١٩٣٤) هو الأكثر جرأة ، الذي تعامل مع كل أنواع المركبات الخيالية مثل المناطيد والهليوكوبتر. وفي أوائل سنة ١٩٨١، فكر في صنع مركبة تعمل بالقدرة الصاروخية، ولأول مرة في التاريخ ، حاول بطريقة موضوعية ابتكار تصميم لجهاز يعمل بمحرك صاروخي يمكنه الوصول إلى سرعة الهروب (الإفلات). بيد أنه لم يكن عالمًا ، وكان تصميمه غير عملي بالمرة.

الصواريخ في مرحلة التجارب :

كان الفيزيائي الروسي قنسطنطين تسيولوفسكي Konstantin Tsiolkovsky (١٨٥٧-١٩٣٥) هو أول شخص يهتم بطيران الصاروخ في الفضاء بطريقة علمية حقيقية.

وتسيلوفسكى الذى كان معاقًا فى سن التاسعة من عمره بشبه صمم كلى من عدوى المكور العقدى streptococcus infection، استطاع رغم ظروف التخلف العلمى التى فرضها قيصر روسيا أن يعلِّم نفسه حتى تمكن من كتابة أبحاث علمية عن الكيمياء والفيزياء.

فى سنة ١٨٩٥، أشار تسيولوفسكى فى أبحاثه لأول مرة إلى رحلة فضائية تعمل بقدرة صاروخية.

وفى تلك الفترة لم يعد ملح البارود هو المفجر الوحيد المعروف، فقد كانت هناك أنواع جديدة من المتفجرات أقوى بكثير مثل النتروسيلليوز والنتروجليسيرين. وبدا من الواضح أن ملح البارود لم يكن من القوة بحيث يمكّن صاروخًا من الوصول إلى سرعة الهروب، وتخيل جانسوندت Ganswindt، على سبيل المثال استخدام الديناميت لهذا الغرض. (والديناميت عبارة عن نتروجليسرين يخلط بمادة خاملة لجعله آمنًا فى التداول) .

بيد أن تسيولوفسكى لم يرغب فى استخدام المتفجرات العادية ، حيث اعتبر سلوكها غير عملى بالمرة. فقد كان يرغب فى إحداث تطوير محكم للطاقة بطريقة سهلة. وفى سنة ١٨٩٨، استنبط بصورة رياضية تأثير سرعة عادم الصاروخ على أدائه ، وقرر أن ما كان مطلوبًا هو وقود سائل مثل الكيروسين. وإذا خلط هذا الوقود، شيئًا فشيئا، مع أكسجين سائل وحرق الخليط، يمكن الحصول حينئذ على سرعة الهروب. ومن الطبيعى أن المركبة الفضائية ستحمل كلاً من الكيروسين والأكسجين السائل بحيث لا تعتمد على الجو.

فى سنة ١٩٠٣، بدأت سلسلة من المقالات لمجلة طيران تعرّض فيها لنظرية علم الصواريخ كلية. فى ذلك الحين وفيما بعد، كتب تسيولوفسكى عن ملابس الفضاء وعن الأقمار الاصطناعية وعن محطات الفضاء، وعن استعمار المجموعة الشمسية. وفى أواخر حياته، كتب قصة خيال علمى بعنوان **خارج الأرض** **Outside the Earth**، عرض فيها نظرياته للقراء الذين يرغبون فى قراءة المغامرات ويفضلونها عن المعادلات.

فى الولايات المتحدة، تزايد اهتمام الفيزيائى الأمريكى روبرت هتشنجز جودارد Robert Hutchings Goddard(1882-1945) بعلم الصواريخ حينما كان لا يزال فى مرحلة المراهقة. وبحلول عام ١٩١٤، كان قد حصل على براءتى اختراع تتضمنان جهاز صاروخ . وفى سنة ١٩١٩ ،نشر كتابًا صغيراً بعنوان **طريقة الوصول إلى الارتفاعات القصوى** A Method of Reaching Extreme Altitudes، ناقش فيه إمكانية القيام برحلات فضائية تعمل بمحرك صاروخى.

وفى كل هذا كان يتطلع إلى تسيولوفسكى (الذى لم تكن أعماله فى روسيا معروفة حقيقة فى بقية أنحاء العالم)،غير أن جودارد حينئذ اتخذ الخطوة الحاسمة لبناء صواريخ بطريقة حقيقية تضع النظرية موضع التنفيذ. وقد اختبر فى البداية الصواريخ التى تعمل بملح البارود، لكنه فى سنة ١٩٢٣، بدأ فى العمل بالجازولين والأكسجين السائل وأصبح أول شخص فى العالم ينشئ صواريخ تعمل بالوقود السائل بصورة فعلية.

فى ١٦ مارس ١٩٢٦، أطلق جودارد أول صواريخه التى تعمل بالوقود السائل فى أبرن بولاية ماساشوتشس .Auburn, Massachusetts وقد التقطت زوجته صورة له وهو يقف أمام الصاروخ قبل انطلاقه. وقد كان طول الصاروخ حوالى ١,٢٥ مترا وقطره ١٥ سم، وكان مثبتًا فى إطار يشبه الإطار* الذى يستخدمه الأطفال فى لعبة child's jungle gym . وبعد انطلاقه ، بلغ أقصى سرعة له وهى ٩٥ كيلومترا فى الساعة.

ولم يكن هذا الصاروخ أكثر روعة من أول رحلة طيران قام بها الأخوان رايت فى كيتى هول قبل ذلك بربع قرن، غير أن أهميته كانت عظيمة بالمثل.

واستطاع جودارد أن يحصل على بضعة آلاف من الدولارات من مؤسسة سميسونيان Simithsonian Institution. وفى يوليو سنة ١٩٢٩، أطلق صاروخا أكبر بالقرب من وركستر بولاية ماساشوتشس، وقد انطلق بسرعة أكبر وأعلى من الصاروخ الأول. والأهم من هذا أن الصاروخ حمل معه بارومتر وترمومتر وكاميرا صغيرة لتصوير القراءات. وكان أول صاروخ يحمل أجهزة.

وقد أقلق الصاروخ جيران جودارد لدرجة الإزعاج مما جعل البوليس يأمره بالتوقف عن تجاربه لأنها تهدد الأمن. وعلاوة على ذلك، أخذت جريدة النيويورك تايمز توبخه بعنف وقسوة على هذا الفعل، كما وبخت من قبله لانجلى. كان محرر جريدة التايمز مقتنعا بأن عادم الصاروخ يجب أن يندفع خلال وسط محيط، ولذلك لا يمكن أن يعمل فى خواء الفضاء. ونتيجة لهذا الجهل الشديد تجرأ المحرر على تعنيف جودارد ، وهو الفيزيائى الموهوب الضليع فى العناصر الأساسية فى الفيزياء.

ولحسن الحظ، فقد اهتم ليندبرج بأبحاث جودارد، وهو الذى (ليندبرج) قام بطيرانه التاريخى عبر الأطلنطى، وقد أقنع المحسن دانيال جوجنهيم **Daniel Guggenheim** (١٨٥٦-١٩٣٠) بإعطاء جودارد منحة قدرها ٥٠٠٠ دولار. وبهذا المبلغ أقام جودارد محطة تجارب فى منطقة منعزلة فى نيومكسيكو تمكن فيها من القيام بالعمل فى سلام.

وفى نيومكسيكو قام جودارد بصنع صواريخ أكبر ، ومن عام ١٩٣٠ وحتى عام ١٩٣٥ ، أطلق بعض الصواريخ التى حققت سرعات تصل إلى ٨٥٥ كيلومترا فى الساعة وبلغت ارتفاع ٢,٥ كيلومترا.

وقد طور العديد من الأفكار التى أصبحت فيما بعد أفكاراً أساسية فى علم الصواريخ. وقام بتصميم غرف احتراق ذات شكل مناسب يحترق فيها الجازولين مع الأكسجين بطريقة ما بحيث تُبرِّد السوائل الباردة جدران الغرفة قبل الاحتراق. وقد صمم أيضا نظامًا لتوجيه الصاروخ أثناء الطيران بواسطة جهاز شبيه بالدفة لتوجيه العادم الغازى بواسطة جيروسكوب يجعل الصاروخ يتجه الاتجاه الصحيح إذا ما انحرف اتجاهه.

بعد ذلك أيضا، كانت لديه فكرة استخدام صاروخ يحمل فوقه صاروخًا صغيراً . وعندما يصل الصاروخ الأول إلى أقصى ارتفاع له، ينفك الصاروخ الصغير ويبدأ فى حرق وقوده ويصعد من الارتفاع وبالسرعة التى اكتسبها من الصاروخ الأم . ويمكن أن يحمل الصاروخ الأصغر صاروخًا أصغر آخر، هذا الصاروخ المتعدد المراحل يمكن أن يصعد أعلى بكثير من الصاروخ ذى المرحلة الواحدة بنفس مقدار الوقود ،

لأن الصواريخ متعددة المراحل هى مجرد أجسام أصغر ترسل لأعلى ، وتسقط كتلة الصواريخ الأصلية كأوزان ميتة غير ضرورية.

حصل جودارد على ٢١٤ براءة اختراع بالتمام فى علم الصواريخ.

ومع ذلك فقد كان جودارد يعمل بصورة مستقلة ولم يكن يتلقى دعمًا حكوميًا . وخلال الحرب العالمية الثانية عمل فى العديد من المشروعات الصغرى، وقد كانت البازوكة **bazooka** أحد اختراعاته. وفى الإجمال، لم تجعل أبحاثه العالم يتحمس لفكرة الصواريخ بأكثر من تحمس العالم للأبحاث التى قام بها تسيولوفسكى.

والأكثر أهمية فى هذا السبيل، هو هيرمان جيوليه أوبرث **Hermann Julius** (١٨٩٤-) وهو فيزيائى نمساوى مجرى ولد فيما يسمى حاليا برومانيا. وبدون معرفة بتسيولوفسكى وجودارد، قام بتكرار الكثير من أبحاثهما النظرية. وقد حاول الحصول على درجة الدكتوراه من خلال أطروحة مبنية على تصميم الصاروخ لكنها رُفِضت. وقد نشرها على نفقته الخاصة فى سنة ١٩٣٤، تحت عنوان **الصاروخ فى الفضاء بين الكوكبى** **The Rocket into Interplanetary Space**، وقد كانت هذه الأطروحة هى التى جذبت اهتمام الأوروبيين فى النهاية بصفة عامة، حتى تكونت جمعيات الصواريخ **rocket societies**، وبدأت مرحلة التجريب على أشدها.

الصواريخ أثناء عملها

بعد ذلك، كانت ألمانيا على وجه الخصوص هى التى انتقل إليها فن علم الصواريخ. فقد تأسست جمعية الصواريخ الألمانية **German Rocket Society** فى سنة ١٩٢٧، وكان من مؤسسيها المهندس الألمانى ويلى لى **Willy Ley**(١٩٠٦-١٩٦٩)، الذى نشر كتابًا شهيرًا عن علم الصواريخ عندما كان لا يزال فى مرحلة المراهقة. وبعد ذلك تبعه والتر روبرت دورنبرجر **Walter Robert Dornberger** (١٨٩٥-١٩٨٠) وورنهر فون براون **Wernher von Braun** (١٩١٢-١٩٧٧). وقد بدأ فى إطلاق الصواريخ، وكان أول من قام بذلك بعد جودارد.

وعندما أصبح أدولف هتلر **Adolf Hitler** دكتاتور ألمانيا فى سنة ١٩٣٣، رأى فى الصواريخ سلاحًا حربيًا محتملاً عظيم الأهمية. وكان هذا يعنى أن أموال الحكومة ستنصب على أبحاث الصواريخ الألمانية. وفى سنة ١٩٣٧، انتقلت أبحاث الصواريخ إلى بيميوند، وهى منطقة معزولة فى ساحل البلطيق. ترك ويلى لى ألمانيا بعد أن تولى هتلر الحكم، بينما ظل براون ودورنبرجر وواصلا إجراء تجارب الصواريخ التى تركزت أكثر وأكثر على أوجه التقدم المتعلقة بالحرب.

وعلى سبيل المثال، فقد تم تطوير طائرة نفاثة تنطلق بدون طيار وأصبحت فى طور الاستخدام فى سنة ١٩٤٤ . وقد كانت قذيفة موجهة، وهى صاروخ يحمل رأسًا متفجراً. وبمجرد انطلاقها، لا يمكن تصحيح مسارها بأكثر مما يمكن تصحيح مسار قذيفة مدفع. وأطلق الألمان على هذه القذيفة، ١- **V** ، حيث ترمز **V** إلى **Vergeltundswaffen**، وتعنى سلاح الانتقام **vengeance weapon**، لأنها وضعت فى ذلك الوقت فى موضع الاستخدام، وكان البريطانيون والأمريكيون يمطرون ألمانيا بوابل من القنابل من كل الجهات.

كان طول (**V**-١) ٧,٧٥ مترا، وأقصى مسافة بين جناحيها ٥,٥ مترا. وقد كانت تحمل طنا من المتفجرات ، ويبلغ مداها حوالى ٢٤٠ كيلومترا، وتندفع بسرعة ٥٨٠ كيلومترا فى الساعة، وهى أقل من سرعة الصوت (سرعة الصوت : ٣٩١١ كم/ الساعة تقريبا) .

ولم تكن ١ - **V** سفينة فضائية حقيقية، لأنها بالرغم من أنها تحمل وقوداً لكنها لم تكن تحمل أكسجين. وقد كان عليها استغلال الأكسجين الموجود فى الجو؛ ولا تعمل محركاتها فى خواء. وبين ١٣ يونية ١٩٤٤، ونهاية الحرب، تم إطلاق ما يزيد عن ٨٠٠٠ (١-**V**) على بريطانيا العظمى، وكان أغلبها موجهاً على لندن. وتم توجيه عدد مساو من القذائف إلى قوات الحلفاء فى بلجيكا.

وكان (٢-**V**) هو الصاروخ البالغ الأهمية الذى تم تطويره فى بينميوند والذى كان سفينة فضاء حقيقية، لأنه كان يحمل كلا من الوقود (الكحول) والأكسجين السائل، وعند الضرورة كانت محركاته يمكن أن تعمل فى خواء.

وقد كان هذا الصاروخ أكبر من ١-V ، لأن طوله بلغ ٤١ مترا ، ويزن حوالى ١٣ طنا. ولم يكن يحمل متفجرات أكثر من ١-V وكان مداه أكبر قليلاً، لكنه يمكنه التحرك بسرعة أكبر من سرعة الصوت، وعلى ذلك كان أول صاروخ يفوق سرعته سرعة الصوت . وهذا يعنى أنه لا يمكن أن تصيبه وتسقطه الطائرات أو المدفعية المضادة للطائرات، حيث إن هذه الأسلحة لم تكن لها السرعة الكافية، ولم يكن الصوت يعلن عن مقدمه.

بدءاً من ٦ سبتمبر ١٩٤٤، تم إطلاق ٤٣٠٠ قذيفة من نوع ٢-V على بريطانيا العظمى وبلجيكا، صوبت منها ١٢٣٠ قذيفة على لندن، وقتلت ٢٥١١ وجرحت ٥٨٦٩ شخصاً.

ومن حسن حظ العالم أن ألمانيا لم تتمكن من تطوير هذه الأسلحة بسرعة كافية تجعلها تتحاشى الهزيمة .

أدرك البريطانيون والأمريكيون والسوفييت مؤخراً أهمية الصواريخ كأسلحة حربية، ولم يستطيعوا التغلب على تقدم الألمان مع نهاية الحرب. (وأحد أسباب ذلك ، على الأقل، على قدر اهتمام البريطانيين والأمريكيون، هو تركيزهم الكامل على تطوير القنبلة الذرية، وهو السلاح الأكثر فزعًا الذى أهملته ألمانيا بدورها وفضلت بدلا منه تطوير الصواريخ. وبالطبع، فقد اتحد الاثنان ، حيث تحمل الأسلحة الصاروخية التى تقدمت بصورة مذهلة عن ٢-V رؤوساً نووية (**nuclear warheads**).

وعندما استسلم الألمان، حصل كل من المنتصرين على ما يمكنهم من العديد من خبراء الصواريخ الألمان . وسارع دورنبرجر وبراون بالاتجاه غرباً مستسلمين للأمريكيون، الذين اعتبروا أنهما سيكونان فى وضع أفضل. بالإضافة إلى ذلك،استولى الأمريكيون والسوفيت على ما يمكن الحصول عليه من مكونات ٢-V من مصانع الصواريخ. واستولى الأمريكيون على الكثير وأمكنهم جمع المئات من صواريخ ٢-V.

وفى الخمس السنوات التالية من استسلام ألمانيا ، أطلق الأمريكيون حوالى ٧٠ صاروخًا من نوع ٢-V من منطقة تجارب الرمال البيضاء فى نيومكسيكو **White Sands Proving Ground** . وقد أفادهم هذا فى معرفة الشيء الكثير من

التعامل مع الصواريخ الكبيرة. (وجودارد نفسه توفى بعد ثلاثة شهور من استسلام ألمانيا ولم يعش ليرى البرهان الكامل لأبحاثه.)

ومع نهاية الحرب، كانت لصواريخ V-٢ استخدامات فى وقت السلم، فقد تم استخدامها فى استكشاف الغلاف الجوى الأعلى. وفى سنة ١٩٤٩، أطلقت الولايات المتحدة صاروخًا من نوع ٢-V لارتفاع ٢٠٦ كيلومترات. وفى نفس السنة استخدمت صاروخًا ذا مرحلتين ، وهو صاروخ صغير مركب فوق ٢-V ، وقد بلغ ارتفاعه ٤٠٠ كيلومترات.

وهذا يعنى أن البشر كانوا يصلون إلى طبقة الإيكسوسفير، التى كان الغلاف الجوى بها مخلخلاً بحيث يمكن وضع أجسام فى الفضاء لفترة زمنية طويلة.

ظلت صواريخ ٢-V تستخدم حتى سنة ١٩٥٢، غير أن الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى طورا صواريخ أكبر وأفضل، وأصبحت فكرة إطلاق أجسام فى مدار فى نطاق الممكن.

ولم تكن فكرة إطلاق أجسام فى مدار بالشىء الجديد على الفكر البشرى، فقد تحدث نيوتن نفسه عن القمر الصناعى على أنه تجربة فكرية منذ ما يقرب من ثلاثة قرون، وكان هول فى كتابه **The Brick Moon** أول من كتب قصة فى الخيال العلمى. وكتب تسيولوفسكى عن القمر الصناعى بتفصيل علمى، وقام أوبرث بالشىء نفسه بشكل مستقل فى سنة ١٩٢٣ .

وصحيح ، لو كان جسمٌ دوّار سيفيد (بخلاف إمكانية دورانه فى مدار)، فيجب أن يحمل أجهزة وتكون الأرصاد التى تقوم بها هذه الأجهزة فى متناول العلماء.

وكانت البالونات تهبط هبوطًا آمنًا، وكان يمكن استعادة الأجهزة الملحقة بها ودراستها. وفى حالة الصواريخ، كانت العودة أشبه ما تكون بالكارثة، وإذا تحققت فى النهاية سرعة الهروب (الإفلات) فلن تعود الصواريخ على الإطلاق.

ونخرج من ذلك أنه لكى ينجح استكشاف الفضاء ، فيجب أن تسجل الأجهزة الموضوعة على متن المركبة الأرصاد بطريقة ما بحيث تعمل على تعديل شعاع الراديو

فى المركبة. وعلى ذلك تستقبل المحطة الأرضية الأرصاد بواسطة شعاع الراديو المعدل بالصورة التى أخذت بها ، وهذا ما يسمى القياس من بُعد **Telemetering**.

وكانت محاولات القياس من بعد تجرى حتى قبل استخدام الراديو. ففى سنة ١٨٧٧، كان يتم إجراء التجارب على القياس من بُعد عبر تيارات كهربية بواسطة سلك ممتد من البالون إلى محطة الاستقبال. وبالطبع لم يكن هذا الإجراء مقبولاً من الناحية العملية، لكنه كان الأساس لفكرة القياس من بُعد.

فى سنة ١٩٢٥، جرَّب عالم روسى هو بيرت أ.مولكانوف **Pyort A. Molchanov**. أول قياس من بُعد بموجات الراديو من أجهزة محمولة على البالون. وفى أثناء فترة تجارب ٢-V فى الرمال البيضاء، تقدم القياس من بُعد بدرجة كبيرة ، وعرف العلماء على الأرض ما كان يحدث فى الأجهزة المحمولة عند كل الارتفاعات.

بعد ذلك بحلول سنة ١٩٥٣، وبواسطة مسرعات صاروخية قوية فى مرحلة التطوير، بدأ يظهر أنه فى الإمكان وضع بعض الأجهزة فى مدار حتى وإن كانت صغيرة .

وفى تلك الفترة، كان يجرى التخطيط **للسنة الجيوفيزيقية الدولية International Geophysical Year** فى الفترة من ١ يوليو ١٩٥٧ إلى ٣١ ديسمبر ١٩٥٨، وهى السنة التى بذل فيها العلماء مجهوداً دوليًا كبيرًا لدراسة خصائص الكرة الأرضية ككل. وقد كان هناك شعور فى الولايات المتحدة بأن من المناسب وضع قمر صناعى فى الفضاء خلال تلك الفترة. ومع كل ذلك، كيف يمكن دراسة الأرض ككل بصورة أفضل مما لو درست من خلال جسم يدور حولها؟

أعلن الاتحاد السوفييتى من جانبه عن القيام ببرنامج قمر صناعى ، ولم تعلق الولايات المتحدة أية أهمية على هذا الخبر،لأنه كانت لدى الأمريكيون فكرة ثابتة بأنهم ليسوا فقط قادة العالم من الناحية التكنولوجية (والذى كان حقيقيًا تمامًا) ولكن أيضا يعتبرون الشعب الروسى متخلفا فى الناحية التكنولوجية وربما كان على الفطرة (وهذه الفكرة لم تكن حقيقية على الإطلاق).

كان السوفييت مدركين لهذه العجرفة الأمريكية ، وعملوا بقوة على إظهارها. بالإضافة إلى ذلك، كان السوفييت مدركين للعمل الرائد لتسيلوفسكى وفخورين جداً به. وجاءت مئوية مولد تسيلوفسكى فى ١٧ سبتمبر ١٩٥٧، واجتهد السوفييت فى وضع جرم فى مدار بالقرب من هذا اليوم على قدر الإمكان.

وعمل السوفييت فى هدوء، ولم يهتم الأمريكان ، ونتيجة لذلك، كان وقع الخبر مفاجئًا عندما علم العلماء الأمريكيون والمسئولون الحكوميون أن الاتحاد السوفييتى وضع فى الرابع من أكتوبر ١٩٥٧ (بعد ١٦ يوما من المئوية) جرما فى مدار، وبذلك أطلق أول قمر صناعى فى التاريخ.

وكان المدار البيضاوى (سبوتنيك ١) Sputnik 1 ، كما أطلق عليه يصل إلى ارتفاع ٢٣٠ كيلو متراً، كأقرب نقطة له من سطح الأرض (بيرجيى perigee) ويصل لحوالى ٩٤٠ كيلومتراً كأعلى نقطة له فوق السطح (أبوجيى apogee)، وكان يزن ٨٤ كيلو جراماً.

الهوامش

(١) السقوط الحر: سقوط جسم ما تحت تأثير مجال الجاذبية، دون تأثير أى قوى أخرى. المترجم

(٢) قانون الفعل ورد الفعل: قانون ينص على أنه عندما يؤثر جسم بقوة على جسم ثانٍ، فإن الجسم الثانى يؤثر بدوره على الجسم الأول بقوة تقع مع القوة الأولى على خط مستقيم واحد وتساويها فى المقدار وتعاكسها فى الاتجاه. معجم الفيزياء د. إبراهيم حمودة، أكاديميا.

(٣) البازوكة: سلاح خفيف يحمل على الكتف تطلق منه الصواريخ على الدبابات ونحوها. المترجم

(٤) مضاد الجاذبية: افتراض وجود قوة طاردة بين الأجسام، وهو افتراض لم يمكن التحقق منه تجريبياً. المترجم

(٥) سرعة الإفلات هى السرعة الدنيا التى يستطيع بها جرم الإفلات من جاذبية جرم آخر. قاموس الفلك والفضائيات المصور . مكتبة لبنان ١٩٨٨ .

الفصل التاسع

بعيدا عن الفضاء

الأقمار الصناعية الأولى

بمفهوم أوسع، لا يهمنا معرفة اسم الدولة التى أطلقت أول قمر صناعى **satellite** بأكثر مما يهمنا معرفة أولى الدول التى اكتشفت القارتين الأمريكيتين. كل ما يهم هو ما تحقق للبشرية من اتساع الأفق. فأى ريادة حققتها دولة أو أخرى بسبب تقدمها يمكن التغلب عليها وتسويتها على المدى الطويل، ويمكن أن يستفيد العالم ككل على المدى الطويل بصرف النظر عمّن حقق الريادة.

شعرت الولايات المتحدة بمهانة كبيرة عندما أعطت الفرصة للاتحاد السوفييتى (السابق) لكى يتفوق عليها فى هذا المجال فى البداية، وكانت خائفة بعض الشىء أيضا، لأن الأمريكيين كانوا من السذاجة بحيث تصوروا أن من يطلق قمراً صناعيًا بطريقة ما، كان فى استطاعته السيطرة على العالم.

ومع ذلك فقد كان لهذا السبق جانبه المفيد، فالكونجرس الأمريكى الذى لم يصوت على تخصيص بنس واحد لزيادة المعرفة الإنسانية، صوّت بحماس على تخصيص بلايين الدولارات من أجل "التفوق على الروس". ولم يعترض الجمهور الأمريكى كدافع لهذه الدولارات على هذا الموقف من جانب الكونجرس بحيث جعل أوجه التقدم فى غزو الفضاء تسير بخطى أسرع مما لو كان الروس متقاعسين فى هذا المجال.

والمصطلح الروسى سبوتنيك **Sputnik**، الذى أطلق على القمر الصناعى أصبح فى فترة وجيزة المصطلح الأكثر ذيوعًا فى العالم، ولفترة من الزمن استخدمه الأمريكيون

كمصطلح يعنى بشكل عام القمر الصناعى. وقد ترجم هذا المصطلح فى الولايات المتحدة، بمعنى "**المسافر التابع**"**fellow-traveler**، والذى كان مصطلحًا له فحواه غير السار فى القاموس المعادى للشيوعية. ومع ذلك، فالمعنى الأصلى اللاتينى لمصطلح قمر صناعى، هو شخص يجىء متطفلا فى عقب شخص أكثر قوة، والذى نتيجة لذلك، يعتبر، حرفيًا، المسافر التابع. وباختصار فمصطلح ، سبتونيك ما هو إلا مصطلح روسى يطلق على القمر الصناعى.

وأظهرت (سبوتنيك ١) أنها يمكن أن تفعل شيئًا ، ففى الثالث من نوفمبر ١٩٥٧، بعد شهر من الإطلاق الأول، برهن الاتحاد السوفييتى على ما يمكن عمله مرة أخرى. فقد تم وضع (سبوتنيك٢) فى مدار حول الأرض ، وهو قمر صناعى كبير يزن ٥١٠ كجم. وكان القمر من السعة بحيث يكفى لحمل كلب حى ، لذا فقد كان أول قمر صناعى يحمل بداخله كائنا حيا . وأوضح أن حيوانا ثدييا كبيرًا نوعًا ما يمكن أن يتحمل التسارعات المطلوبة فى عملية الإطلاق.

وفى تلك الأثناء كان برنامج الأقمار الصناعية الأمريكى يمضى على قدم وساق، ففى الحادى والثلاثين من يناير ١٩٥٨، أطلقت الولايات المتحدة أول قمر صناعى يحمل اسم (إكسبلورر واحد **Explorer I**)، وظهر تفوق معززات الصواريخ السوفييتية فى ذلك الوقت لأن القمر الصناعى الذى أطلقته الولايات المتحدة لم يكن يزيد وزنه عن ١٤ كيلوجراما.

وعلى الرغم من هذا، وعلى الرغم من صغر حجم إكسبلورر واحد إلا أنه قام باكتشاف علمى مهم، فقد كان على متنه عدّاد يمكنه اكتشاف الجسيمات المشحونة كهربيًا العالية الطاقة **highenergy electrically charged particles.** وقد اكتشف هذه الجسيمات بأعداد كبيرة كما كان متوقعًا منها. ومع ذلك ، أوضحت الدراسات السطحية لظواهر مثل الشفق **aurorae** أن هذه الجسيمات موجودة هناك.

والمدار البيضاوى جعل (إكسبلورر واحد) قريبًا من أحد طرفيه من سطح الأرض ومرتفعًا إلى ارتفاع ٢٥٠٠ كيلومتر من طرفه الآخر. وعند الارتفاعات العليا تناقص عدد الجسيمات ووصل عددها إلى الصفر بالفعل.

وحدث هذا الوضع نفسه مع (إكسبلورر ٣) ، الذى أطلقته الولايات المتحدة فى السادس والعشرين من مارس ١٩٥٨، وبلغ أقصى ارتفاع ٣٤٠٠ كيلومتر، وتكرر الوضع نفسه ثانية مع (سبوتنيك ٣) الذى أطلقه الروس فى ١٥ مايو ١٩٥٨ .

وشك الفيزيائى الأمريكي جيمس ألفرد فان ألين **James Alfred Van Allen** (١٩١٤-) الذى كان مسئولاً عن هذا الجزء من تجارب القمر الصناعى فى أن نقص عدد الجسيمات لا يعتبر ظاهرة حقيقية، فقد شعر بأن العكس هو الصحيح، وهو أن كثافة الجسيمات عالية الطاقة المشحونة كهربياً تزداد مع الارتفاع، وتصل إلى مستوى يغمر العدادات، إذ يجعلها تتوقف عن أداء وظيفتها . فقد ظهرت كما لو أن العين البشرية (العدادات فى حالتنا هذه) قد عميت بسبب شدة الضوء لدرجة أنها لم تستطع أن تسجل شيئا، ولم تستطع أن ترى شيئًا على الإطلاق بسبب وفرتها الزائدة.

عندما تم إطلاق (إكسبلورر ٤) فى ٢٦ يوليو ١٩٥٨، حمل معه عدادات خاصة صممت للتعامل مع الضوء الشديد . وتم تغليف أحد (العدادات)، على سبيل المثال بطبقة رفيعة من الرصاص(تشابه النظارات السوداء التى تستخدم لحماية العيون) والتى كان الغرض منها إبعاد معظم الأشعة . وقد برهن هذا على صحة نظرية "الإشعاع الشديد جداً" **"too-much-radiation"**. ووصلت (إكسبلورر ٤) إلى ارتفاع ٢٢٠٠ متر، وسجلت شدة إشعاع عالى الطاقة أكبر كثيراً مما كان يتوقعه العلماء.

وقد اتضح أن الأرض تحيط بها أحزمة من الإشعاع عالى الطاقة، تتكون من جسيمات نشأت فى الأصل من الشمس وحجزتها خطوط قوى المجال المغناطيسى للأرض. وفى البداية ، اصطلح على تسمية هذه الأشعة "حزم إشعاع فان ألين" **Van Allen radiation belts**، وفى النهاية اصطلح على تسميتها الغلاف المغناطيسى(١) **magnetosphere** (الغلاف المشحون الدائر مع الأرض).

وبعد فترة وجيزة من إطلاق (إكسبلورر واحد)، أطلقت الولايات المتحدة قمرها الصناعى الثانى، (فنجرد واحد) **Vanguard I**، فى ١٧ مارس ١٩٥٨ ، وكان وزنه لا يزيد عن ١,٤ كيلوجراما، مما جعله موضعًا للسخرية، فقد قيل إن الولايات المتحدة أطلقت برتقالة. ومع ذلك، فالحجم وحده ليس بذى قيمة، فمن خلال دراسة مداره

بصورة دقيقة، وملاحظة الانحرافات الطفيفة عن الوضع المثالى، استطاع الفيزيائى الأمريكى جون أليوسيوس أوكوفى John Aloysius O'Keefe (١٩١٦-) أن يكتشف تغيرات طفيفة فى شدة الجاذبية فوق أجزاء عديدة من سطح الأرض. وقد أوضح هذا أن الأرض نفسها منحرفة بدرجة طفيفة عن الشكل الكروى المفلطح الذى كان يجب أن تكون عليه. وكان لاستخدام (فنجرد واحد) والأقمار الصناعية التى جاءت بعده أن جعل فى مقدور العلماء أن يكتشفوا الشكل الحقيقى للأرض بدقة متر أو أقل، بطريقة كانت مستحيلة أو صعبة عن طريق القياسات السطحية وحدها.

احتاج (فنجرد واحد) إلى مصدر من الطاقة حتى يظل يرسل إشارات إلى المحطات السطحية الموجودة على الأرض حتى ترصد مداره بدقة. وتم الحصول على هذه الطاقة من "الخلايا الشمسية"(٢) solar cells، وهى طبقات خفيفة من مادة تعطى تيارات كهربية صغيرة تكفى لتنشيط حزمة الراديو عند تعرضها لضوء الشمس. وقد كان هذا أول استخدام للخلايا الشمسية فى الفضاء.

وظهرت تطورات جديدة بسرعة. فقد كانت (سبوتنيك ٣) التى تزن ١٣٣٠ كيلوجرامًا على قدر من الاتساع لتصبح أول قمر صناعى يحمل عدداً مختلفًا من الأجهزة يمكّنه من إجراء العديد من الأرصاد.

لم يدم انتظار البشرية ككل طويلا حتى أصبحت تدرك استخدامات التوسع الجديد فى الأفق البشرى. ففى ١٨ ديسمبر ١٩٥٨، أطلقت الولايات المتحدة القمر الصناعى سكور (Score)، الذى أمكنه استقبال وإرسال الإشارات التى تحمل الصوت البشرى.

كان (سكور) Score مجرد نقطة البداية. ففى ١٢ أغسطس ١٩٦٠، أطلقت الولايات المتحدة (إيكو واحد) Echo I، الذى تمدد داخل بالون كبير من الألومينيوم، استخدم كأداة relay لتلقى الإشارات ونقلها بقوة أعظم ، والذى لم ينقل فقط الصوت وإنما ينقل الصور أيضًا. وبعد ذلك، فى ١٠ يوليو ١٩٦٢، أطلقت الولايات المتحدة (تلستار واحد) Telstar I، الذى لم يكن مجرد مرحِّل relay لكنه كان مكبِّراً amplifier أيضا.

كان (تلستار واحد) أول قمر اتصالات حقيقياً true communications satellite، وفي السنوات التي أعقبت إطلاق تلستار، زاد عدد هذه الأقمار وزادت قدرتها وتعددت استخداماتها حتى أصبح الإرسال التليفزيوني يغطي الكرة الأرضية كلها. وبفضل هذه الأقمار، أصبحت الأرض وحدة واحدة (قرية صغيرة)، لا يبعد أي جزء منها عن الآخر بأكثر من جزء من الثانية، إذا ما قام البشر بإنشاء محطات إرسال واستقبال أرضية مناسبة(تعليق من المترجم:وهذا ما نشاهده اليوم من نقل مباريات كرة القدم والأحداث الهامة عن طريق القمر الصناعي).

وعلاوة على ذلك، فمن موقع مناسب من الفضاء، استطاع البشر لأول مرة أن ينظروا إلى الأرض كما لو كانت كوكبًا مثل أي كوكب آخر، وإن جاز القول أن يروها من الخارج. أطلقت الولايات المتحدة في ١٧ فبراير ١٩٥٩، (فنجرد ٢) ، وكان أول قمر صناعي له القدرة على إرسال صور عن غطاء السحب الذي يغطي سماء الأرض ، التي يمكن أن يستقبلها التليفزيون. وفي السابع من أغسطس ١٩٥٩ أطلقت الولايات المتحدة (إكسبلورر٦) وكان أول قمر صناعي يرسل صوراً عن الأرض ككل.

في ١٣ أبريل ١٩٦٠، أطلقت الولايات المتحدة (ترانست أي بي) Transit IB، وهو أول قمر صناعي مجهز لالتقاط صور متكررة عن الأرض وبثها إلى الأرض. وتم التقاط حوالي ٢٢٠٠٠ صورة طوال فترة صلاحيته، وأصبح لدى العلماء على الأرض نظرية ثابتة عن غطاء السحب المتغيرة، وساعدتهم هذه الصور على دراسة توزيع الغلاف الجوي. وقد كان (ترانست أي بي) أول قمر صناعي يستخدم في دراسة الطقس"weather satellite" .

وحتى ذلك الحين، كان التنبؤ بالطقس من الأعمال غير الدقيقة، إذ يقوم على بعض التقارير التي يمكن الحصول عليها من محطات صغيرة على سطح الأرض، كانت معدة للإبلاغ عن أحوال الطقس المحلية بالتفصيل . وقد كانت هذه التقارير لا تشتمل على أحوال الطقس في جميع المحيطات وأجزاء كبيرة من القارات .

بيد أنه من سنة ١٩٦٠ فصاعدا، أصبحت كل الأرض تحت المراقبة المستمرة، وتقدم علم الأرصاد الجوية weather forecasting بخطوات سريعة. والدليل على ذلك أنه

قبل سنة ١٩٦٠، لم تكن توجد وسيلة لمعرفة متى تتشكل الأعاصير، أو أين يوجد موقعها الصحيح، أو إلى أين كانت تتجه، اللهم إلا من خلال التقارير التى تأتى أحياناً من السفن العابرة للمحيطات التى تفاجأ بإحداها. وبعد سنة ١٩٦٠، تم معرفة مولد وتطور واتجاه سير كل هذه العواصف الموجودة فى كل مكان ، ونتيجة لذلك، تم إنقاذ أعداد غفيرة من البشر وحماية ممتلكات ضخمة من الدمار . (ويعتبر هذا التقدم أحد أوجه التقدم العلمى العديدة التى توافرت للبشرية نتيجة استخدام **برنامج الفضاء**، على الرغم من سخرية العديد من الناس من البرنامج ووصفه بأنه إهدار للأموال) .

وفى الأول من أبريل ١٩٦٠، أطلقت الولايات المتحدة (تيروس ١) **Tiros I**، وهو قمر صناعى يقدم المساعدة فى الأمور الملاحية **navigation aid.** وتبعته أقمار أخرى من النوع نفسه. ويمكن استقبال الإشارات التى تبثها هذه الأقمار، ومن موقع القمر المعروف فى أى وقت ، تستطيع سفينة أن تحدد موقعها على سطح الأرض دون الحاجة إلى رصد أى نجم، وحتى لو كانت السماء ملبدة بالغيوم. وتستطيع أية سفينة مجهزة لاستقبال إشارات القمر الصناعى معرفة موقعها فى جميع الأوقات بدقة متناهية . وقد ساعدت هذه الأقمار على رسم خرائط للأرض بدقة عالية كان يستحيل الحصول عليها من قبل.

وأُطلقت العديد من الأقمار الصناعية أيضا فى مدارات لخدمة أغراض عسكرية، أو لتكتشف انفجارات نووية، أو تحركات كبيرة. وعلى الرغم من أن هذا بدا اتجاها شبه عسكرى ، إلا أنه يمكن اعتباره يخدم أغراض السلم. فلولا اختراع **أقمار التجسس** **spy satellites** لكان من الصعب على الولايات المتحدة أو الاتحاد السوفييتى أن تعد لضربة نووية مباغتة **reemptive nuclear strike** دون أن تكون الأخرى على دراية بما يحدث. وساعد ظهور أقمار التجسس على التقليل من احتمال هذه الضربات.

ولسوء الحظ، هناك جدل متزايد بشأن وضع أسلحة معقدة فى الفضاء. وقد يوفر هذا لطرف أو لآخر ميزة عسكرية قصيرة الأجل، لكنه سيزيد فقط من احتمال (وهذا من المستبعد حدوثه الآن) فناء الحضارة البشرية ككل على المدى البعيد.

ناس فى مدار

على الرغم من أن أعمالاً عديدة يمكن أن تقوم بها أقمار صناعية بليدة (صممها البشر للقيام بمهام محددة) تحمل أجهزة صغيرة الحجم للرصد والقياس من بُعد، فإن هذا الاتساع لأفق الرصد يحتم أن يثير تساؤلاً عما يمكن أن يقوم به البشر لو ارتادوا بأنفسهم سفن الفضاء بدلاً من أن يرسلوا أجهزة تأتى لهم بالمعلومات من الفضاء.

أظهر القمر الصناعى (سبوتنيك ٢) الذى كان يحمل على متنه كلبًا أن بالإمكان حمل كائنات حية فى مدار دون أن تصاب بأذى. ومع ذلك، فلم تكن هناك وسيلة لاستعادة الكلب فى ذلك الحين، وقد تم تسميمه عن عمد لتجنيبه معاناة البقاء فى الفضاء.

وفى ١٩ أغسطس ١٩٦٠، قام السوفييت بالشىء الأفضل فى هذا المضمار. فقد أطلقوا (سبوتنيك ٥)، الذى كان يزن ٤,٦ طنا، وكان أضخم قمر صناعى يرسل إلى الفضاء فى ذلك الحين. وقد حمل معه كلبين وستة فئران، وتم استعادتهم جميعا فى النهاية بنجاح.

وأصبحت مسألة وضع إنسان فى مدار خارج الأرض وعودته بأمان –مسألة وقت. وفى ١٢ أبريل ١٩٦١، أطلق الروس (فوستيك ١)، التى كانت تزن كتلتها خمسة أطنان، وحملت على متنها إنسانا، هو يورى جاجارين **Yuri Alekseyevich Gagarin** (١٩٣٤–١٩٦٨). وأصبح أول إنسان يسافر إلى الفضاء. (وقد أطلق عليه الأمريكيون رجل فضاء، لكن الروس أطلقوا عليه رجل الكون **cosmonaut**) .

طاف جاجارين مرة واحدة حول الأرض وعاد سالمًا بنجاح. فقد كان عملاً بطوليا رائعا بالفعل. كان رجال مجلان الثمانية عشر هم أول من طافوا حول الأرض ، وظلوا أحياء بعد أن أكملوا الرحلة فى سنة ١٥٢٣، التى استغرقت ١٠٨٤ يوما. والآن، وبعد أربعة قرون وثلث، استطاع الإنسان أن يكمل رحلة حول الأرض لم تستغرق أكثر من ١٠٨ دقائق.

لقد استغرق الرجال الثمانية عشر (رحلة ماجلان) ١٠٨٤ يومًا ليدوروا حول الأرض، وفى هذه المدة نفسها كان يستطيع جاجارين أن يحلق حول الأرض ١٤٤٥٣ مرة !

والأكثر من ذلك، فقد كان عمل جاجارين الرائع هو نهاية المطاف لمرحلة السعى البشرى للطواف حول الأرض . فطواف حول الأرض فى قمر صناعى فى مدار منخفض، هو الطريق الأسرع الذى يمكن للمرء أن يتخذه للدوران حول الكوكب، ولا توجد فائدة من السعى وراء إنجاز أفضل مما حققه جاجارين.

أثبت الروس أن طيران جاجارين لم يكن من قبيل المصادفة عندما أطلقوا(فوستيك٢) فى ٦ أغسطس ١٩٦١، وعلى متنها جيرمان تيتوف Gherman Titov (١٩٣٥-)، الذى ظل فى الفضاء ما لا يقل عن سبعة عشر مداراً، ولمدة تزيد عن الخمسة والعشرين ساعة وإحدى عشرة دقيقة، أكثر قليلا من يوم كامل. بعد ذلك أيضا عاد سالما إلى الأرض ولم يصب بسوء.

وأصبح من الواضح تماماً، أنه يمكن إطلاق الإنسان ووضعه فى مدار ويظل هناك لفترات زمنية كبيرة ، وبعد ذلك يمكن إعادته بأمان إلى الأرض.

بعد أن أرسلت الولايات المتحدة اثنين من رواد الفضاء فى رحلات تحت المدار الفضائى واستعادتهم بأمان، قامت بوضع أول أمريكى فى مدار فى ٢٠ فبراير ١٩٦٢، عندما أطلقت (فرندشب ٧)[٣] Friendship 7 . وكان رائد الفضاء هو جون .هـ. جلين الابن John H.Glenn,Jr (١٩٢١-). وقد طاف حول الأرض ثلاث مرات ، وظل فى الفضاء قرابة أربع ساعات وخمس وخمسين دقيقة. وفى ٢٤ مايو ١٩٦٢، تكررت هذه المدارات أيضا، عندما انطلقت (أيورورا ٧) Aurora7 وحملت على متنها م.سكوت كاربنتر M.Scott Carpenter (١٩٢٥-) خلال ثلاث مدارات.

وقد قامت كلتا الدولتين برحلات طيران فضائية أخرى . ففى ١٦ يونيو ١٩٦٣، أطلق السوفييت (فوستوك ٦)، التى حملت على متنها فالإنتينا ف.تريشيكوفا Valenti-na V.Tereshkov (١٩٣٧-)، وهى أول امرأة (ولا تزال حتى وقت إعداد الكتاب المرأة الوحيدة) توضع فى الفضاء. وقد ظلت فى الفضاء خلال ٤٨ مداراً، واستغرقت رحلتها قرابة الثلاثة أيام.

ورواد الفضاء الذين يحلقون فى مدار حول الأرض يكونون فى حالة سقوط حر free fall، ويواجهون ما يطلق عليه انعدام الجاذبية zero gravity. وليس هذا بالشىء

الغريب على الحياة فوق سطح الأرض، لأن تأثير الجانبية بالنسبة للمخلوقات الصغيرة، التى بحجم أصغر الثدييات أو أقل، يكون تأثيراً ضعيفًا حتى يمكن إهماله تماما. والقابلية للطفو فى الماء تجعل تأثيرات الجاذبية منعدمة بالنسبة للحيوانات البحرية.

ومع ذلك فالبشر هم حيوانات أرضية ومن الكبر بحيث يتأثرون بالجاذبية، ويجب أن نتجنب السقوط ليس فقط من ارتفاع، بل وحتى على أقدامنا أثناء المشى. والأكثر من هذا، تؤثر الجاذبية على وظائف أعضاء الجسم . ومن المؤكد أن إيقاع عضلاتنا يتأثر بضرورة عمل العديد من عضلاتنا على الدوام حتى نصبح فى وضع اتزان. وبالتالى يؤثر عمل العضلة على تكوين العظام. وقد خلق الله فينا الدورة الدموية كى تؤخذ الجاذبية فى الحسبان عندما نقف بطريقة طبيعية، لدرجة أننا نشعر بالتعب إذا بقينا واقفين على رؤوسنا لأى فترة من الزمن.

ليس هناك من وسيلة تخبرنا مقدمًا عن تأثير طول فترة انعدام الجاذبية على وظائف الجسم وعلى كيميائه الحيوية .

ومن المؤكد أن الرحلات الأولى للطيران فى مدارات خارج الغلاف الجوى المدارية قد أوضحت أن الجسم البشرى يمكنه تحمل انعدام الجاذبية على مدى أيام قليلة ، ولكن إذا كان على الإنسان أن يعيش فى الفضاء لمدة أطول ، وليس مجرد بضع ساعات أو أيام ، لوجب علينا أن نعرف تأثير التعرض لانعدام الجاذبية لفترة أطول. وكلما استطاع الإنسان تحمل تأثير انعدام الجاذبية لفترة أطول أصبح وجوده فى الفضاء يومًا ما حقيقة.

ولفترة من الزمن، أصبحت لذلك السبب رحلات الفضاء (مسابقات لتحمُّل انعدام الجاذبية) . ففى ١٤ يونيو ١٩٦٣، دار رائد الفضاء فاليرى ف.بايكوفسكى **Valery F. Bykovsky** (١٩٣٤-) عندما كان منطلقا بفوستيك ٥ حول الأرض إحدى وثمانين مرة، وظل فى الفضاء تحت تأثير انعدام جاذبية مستمر لمدة وصلت إلى خمسة أيام.

وقد تحطم هذا الرقم ، عندما أطلقت الولايات المتحدة فى ٢١ أغسطس ١٩٦٥، (جيمنى ٥)، التى دارت حول الأرض ١٢٨ دورة، وظلت فى الفضاء قرابة ثمانية أيام.

وقد تحطم هذا الرقم بعد ذلك مرات ومرات، وعند صدور هذا الكتاب ، احتفظ بالرقم ثلاثة رواد فضاء روس، ظلوا فى الفضاء قرابة ستة أشهر.

وقد حدثت تغيرات فسيولوجية، كان أكثرها إزعاجا النقص التدريجى للكالسيوم مـن العظام. بيـد أن هذه التغيرات لم تمنـع رجـال الفضاء من العمل بشكل فعال، ولم يثبت أنها تغيرات ارتجاعية ، لأن الرواد لم يكونوا بأية حال عاجزين بعد عودتهم، أو غير قادرين على ممارسة حياتهم بصورة طبيعية.

فقد تزوجت فالنتينا تيرشكوفا، رائدة الفضاء برجل الفضاء أندريان ج. نيكوليف **Anriyan G. Nikolayev** (١٩٢٩-)، الذى تم إطلاقه إلى الفضاء فى (فوستوك ٣) فى ١١ أغسطس ١٩٦٢ . وقد أمضى أربعة أيام فى الفضاء بينما أمضت زوجته ثلاثة أيام، وأنجبا طفلا بحالة صحية جيدة.

وصحيح أن العديد من المواقف البشرية لم تحدث عند انعدام الجاذبية. وعلى الخصوص، فلم تتصل امرأة اتصالا جنسيا برجل وخصبت وظلت حبلى حتى موعد الولادة وأنجبت طفلا أثناء فترة انعدام الجاذبية. ومع ذلك ، فمادام البشر كانوا مرتبطين بالدوران حول الأرض فى الفضاء القريب ، فليس من المهم جدا أن يتعين على وجه الدقة ما إذا كان البشر سيتعرضون لجميع المواقف عند انعدام الجاذبية، حيث يمكننا تصور أناس يعيشون ويعملون فى ورديات فى الفضاء، ويعودون فى أى وقت إلى الأرض وكأنها رحلة روتينية .

وسوف يكون هذا، بالطبع أبسط السيناريوهات الممكنة، لكنه من المؤكد أيضا أن استكشاف الفضاء قد أوضح على الأقل أن أبسط السيناريوهات ممكنة. فلو ثبت أن انعدام الجاذبية سيكون تأثيره مميتًا سريعًا، أو معجزًا بشكل سريع فسوف يصبح اتساع أفق الإنسان فى الفضاء أمرًا صعبًا للغاية. وبالفعل، يمكن التخلى عن كل أفكار التوسع فى هذا المضمار.

وإذا ما أصبح استكشاف الفضاء من الأمور العملية ، فسوف تتسع سفن الفضاء بدرجة معقولة. ففى السنتين الأوليين من بدء برنامج الناس فى الفضاء، كانت تتسع سفن الفضاء بالكاد لشخص واحد.

فى ١٢ أكتوبر ١٩٦٤، تم إطلاق أول سفينة فضاء تحمل أكثر من شخص. فقد كانت السفينة السوفييتية (فوشكود١)، وهى طراز متطور من سلسلة أقمار (فوستوك)، لها مقعد أكثر ضخامة من مركبات فوستوك الأخيرة، وقد حملت على متنها طاقمًا من ثلاثة أفراد.

وتم إطلاق أول سفينة فضاء أمريكية تقل أكثر من شخص واحد فى ٢٣ مارس ١٩٦٥، وهى مركبة الفضاء (جيمنى ٣) ، وأقلت على متنها فيرجيل أى. جريسوم (١٩٢٦-١٩٦٧) وجون ويونج (١٩٣٠-). وفى ١١ أكتوبر ١٩٦٨، أطلقت أول سفينة أمريكية تحمل ثلاثة أشخاص.

وحتى هذا التاريخ لم تطلق سفينة فضاء تحمل أكثر من ثلاثة أفراد.

أصبحت سفن الفضاء أكثر قدرة على المناورة. فقد كانت أكثر من قذائف تسقط سقوطًا حرًا. ويمكنها استخدام صواريخ إشعال صغيرة فى المدار لتغيير وضعها ، ويمكنها أن ترتفع لأعلى أو تنخفض لأسفل، وتتحرك للأمام أو تتراجع للخلف. ويمكن أن تتزامل سفينة مع سفينة أخرى وتسير بحذائها بحيث يمكن لطاقم سفينة أن يدخلوا السفينة الأخرى.

فى ١٨ مارس ١٩٦٥، أطلق الاتحاد السوفييتى (فوشكود٢) وعلى متنها اثنان من الرواد. كان أحدهما أليكسى أ.ليونوف (١٩٣٤-). ودارت السفينة حول الأرض ١٧ مرة، وأثناء الدورة الثانية غادر ليونوف السفينة من خلال صمام هوائى، وكان يرتدى حلة فضاء وعاد بأمان إلى سفينته. وكان هذا أول مشى فى الفضاء، وأول مرة يكون الإنسان فى الفضاء ولا تكون معه وسيلة حماية أكثر من حلة فضاء. وظل ليونوف يناور فى الفضاء حوالى عشر دقائق وهو فى حالة سقوط حر والتقط صورًا سينمائية.

فى ٣ يونيو ١٩٦٥، أطلقت الولايات المتحدة (جيمنى ٤) وعلى متنها جيمس ن. ميدفيت (١٩٢٩-) وإدوارد هـز هوايت (١٩٣٠-١٩٦٧). وأثناء طوافهما الثالث والأخير حول الأرض، ترك هوايت السفينة فى الفضاء مرتديًا ملابسه وتحمَّل البقاء خارج سفينته قرابة عشرين دقيقة. وقد كان قادرًا على المناورة فى الفضاء بوحدة صاروخية صغيرة، وكان أول شخص يقوم بهذا الإجراء.

كانت أهمية هذا المشى فى الفضاء أنه أثبت أن فى استطاعة البشر القيام بأعمال إصلاح وأعمال إنشاء أو أية أعمال مفيدة أخرى فى الفضاء ، ويقومون بذلك خارج السفينة وليس لديهم وسيلة حماية سوى حلة الفضاء.

وفى أوائل السبعينيات ، وضعت كل من فرنسا واليابان والصين وبريطانيا العظمى أقماراً صناعية فى مدار، غير أن إنجازاتهم الفضائية ظلت بعيدة جدا عما حققه الأمريكيون والروس.

ولم يكن لاستكشاف الفضاء أن يتم دون أن تحدث خسائر فى الأرواح. ففى يونيو ١٩٧١، كان ثلاثة من رواد الفضاء السوفييت على متن (سيوز ١١) يكملون ما كان يعتبر فى ذلك الحين أول رحلة ناجحة تماما ،عندما أدى عطل بسيط فى السداد المحكم لغلق الباب فى طريق عودة الرحلة إلى تسرب الهواء داخل القمر الصناعى. وعندما عاد القمر الصناعى إلى الأرض كان الرواد قد لقوا حتفهم.

ولم تحدث وفيات فى رحلات الأمريكيين، لكنه فى ٢٧ يناير ١٩٦٧ خلال بروفة إطلاق قمر صناعى على الأرض، اشتعلت النيران داخل كبسولة صاروخ. ولم يتم السيطرة عليها فى الحال بسبب الأكسجين النقى للجو، وقتلت ثلاثة رواد أمريكيين. وكان الموتى هم فيرجيل جريسوم الذى كان رائد فضاء منذ سنتين (لجيمنى٣) وهو أول قمر صناعى يحمل أكثر من رائد فضاء واحد، وإدوارد هوايت الذى كان منذ سنتين فى المركبة (جيمنى ٤)، وكان أول أمريكى يسبح فى الفضاء، وروجر ب. تشافى (١٩٣٥-١٩٦٧)، الذى لم تتح له فرصة السفر إلى الفضاء.

السواير القمرية

هل سيظل أفق الإنسان منحصراً فى مدارات حول الأرض فى طبقات الجو العليا؟

لن يكون الأمر هكذا على الإطلاق. كانت تبذل الجهود منذ البداية لإطلاق الصواريخ التى لم تحقق ليس فقط السرعة المدارية ٨ كيلومترات فى الثانية، ولكن سرعة الإفلات (الهروب) ١١,٢٥ كيلومتراً فى الثانية.

فى سنة ١٩٥٨، أرسلت الولايات المتحدة ثلاثة أقمار صناعية إلى الفضاء، وكانت تحاول كل منها تجاوز سرعة الإفلات لكنها فشلت جميعا.

وفى الثانى من يناير سنة ١٩٥٩، نجح الاتحاد السوفييتى فى تجاوز سرعة الهروب بواسطة (لونا١) . لقد كان أول قمر صناعى لم يتخذ مدارا حول الأرض، وتراجع بصورة غير محدودة ، واستمرت اتصالات الراديو معه لمسافة ٥٩٧٠٠٠ كيلومتر، أو مرة ونصف مسافة القمر (بُعد القمر عن الأرض ٢٨٤٠٠٠ كم: المترجم).

بيد أنه لم يتجاوز سرعة الإفلات من الشمس البعيدة، لذا لم يخرج من المجموعة الشمسية جميعها، فقد اتخذ مدارا حول الشمس كأول "كوكب صناعى" **artificial planet**.

ومن الواضح أن الصواريخ التى أطلقت ولم تحلق فى مدار حول الأرض لم تكن أقمارًا صناعية **satellites**، فهى تسمى "سوابر" **probes**. وكانت (لونا١) متجهة نحو القمر، لذا فقد كان "سابرًا قمريًا" **lunar probe.** ومع ذلك لم تكن متجهة الوجهة الصحيحة، ومر السابر على بعد ٦٠٠٠ كيلومتر من سطح القمر، وهى مسافة لا تزيد عن ١,٧٥ مرة قطر القمر(قطر القمر ٣٤٧٦ كم).

أطلقت الولايات المتحدة (بايونير٤)، وهو أول صواريخها الذى تجاوز سرعة الإفلات فى مارس ١٩٥٩ . وكان فى لحظة عبوره القمر يبتعد عنه مسافة ٦٠,٠٠٠ كيلومتر.

استطاع الاتحاد السوفييتى أن يصحح هدفه فى ١٢ سبتمبر ١٩٥٩، عندما أطلق (لونا٢) فى اتجاه القمر. واصطدم تمامًا بقمرنا الطبيعى – وفى النهاية ، اصطدم الإنسان (إلى حد ما) بالقمر. فلأول مرة فى التاريخ، يوجد شيء من صنع الإنسان (على الرغم من أنه ولا شك قد تحطم بطريقة سيئة) على سطح عالم غير الأرض.

لم تكتمل محاولة الإفلات من القمر إلى حد بعيد ، وحتى الاصطدام به فى "هبوط اضطرارى" اكتمل بصورة أقل، بخلاف كونه توضيحا لدقة الهدف. ومع ذلك جاءت الخطوة التالية بالكثير.

يدور القمر حول الأرض (بالنسبة إلى الأرض) دورة كل سبعة وعشرين يومًا وثلث. ويدور أيضا دورة حول محوره كل سبعة وعشرين يومًا وثلث يوم. وهذا ليس

مجرد مصادفة، فتأثير المد والجزر فى الأرض يحتم ذلك على القمر، والنتيجة هى أن أحد أوجه القمر يواجه الأرض فى جميع الأوقات.

ولما كان القمر يتخذ مداراً بيضاوياً حول الأرض وليس دائرة صحيحة، فإن سرعته المدارية **orbital speed** ليست ثابتة. ويتغير بُعد القمر عن الأرض قليلاً أثناء حركته فى المدار البيضاوى، فيتحرك بصورة أسرع عندما يكون أقرب إلى الأرض عما يكون بعيداً عنها.

ومع ذلك فإن السرعة الدورانية **rotational speed** للقمر تظل ثابتة تماماً (دورانه حول نفسه). وهذا يعنى أن الدوران **rotation** يتخطى الحركة المدارية **orbital motion** طوال نصف المدار ثم يتخلف عنها فى نصف المدار الآخر. ويبدو القمر نتيجة لذلك، كأنه يهتز قليلا جيئة وذهاباً مثل ذراع ميزان قديم الطراز. وتسمى الحركة "نودان القمر" **liberation** من كلمة لاتينية عن "الميزان".

ونتيجة للنوسان (أو التأرجح) **liberation** يمكننا أن نرى حوالى ٦٠٪ من سطح القمر من الأرض (البعض منه دائما عند الحافة، ونتيجة لذلك، تظهر بصورة أصغر من حقيقتها بشكل مشوه). ومن ناحية أخرى، فإن زيادة عن ٤٠٪ بقليل من سطحه يكون مختفيًا على الدوام، ومن المحتمل أنه كان على هذا الوضع منذ بلايين السنين. ومن المؤكد أنها كانت فترة طويلة جداً قبل أن توجد أى عين بشرية أو شبه بشرية لتلاحظ القمر.

ويمكن أن يطلق سابر قمرى بسرعة قريبة من سرعة الإفلات حتى إنه عندما يقترب من ناحية القمر فإن جاذبية الأرض تكون قد أبطأت من سرعته بدرجة كبيرة. وحينئذ يمكن أن يقع السابر تحت تأثير جاذبية القمر لدرجة أنه يتحرك فى مدار حوله ويكون أسيراً للقمر. (ويمكن أن يحدث هذا بسهولة إذا كانت للسابر القدرة على إطلاق قذيفة صاروخية صغيرة فى الوقت المناسب وفى الاتجاه المناسب لتغيير اتجاهه وسرعته بطريقة تجعل الأسر أكثر احتمالاً.)

والأقل احتمالاً ، إن لم يتم إجراء التصحيحات المدارية أن السابر القمرى يمكن أن يدور حول القمر مرة وبعد ذلك ينطلق فى مسار آخر فى رحلته الطويلة. وحتى اللفة

الواحدة سوف تجعله يطوف حول الوجه البعيد من القمر، وإذا أمكنه التقاط صور يمكن إرسالها من بُعد إلى الأرض ، حينئذ فسوف ترى العين البشرية أشياء لأول مرة أقل من مسافة ٤٠٠٠٠ كيلومتر لم تكن تراها من قبل على الإطلاق، على الرغم من أن العين البشرية رأت من قبل أشياء تبعد مليون بليون مرة .

استطاع الاتحاد السوفييتي القيام بذلك بواسطة (لونا ٣)، التى أطلقت فى ٤ أكتوبر ١٩٥٩ . ففى الذكرى السنوية الثانية لإطلاق القمر الصناعى الأول، تقدمت مهارة إطلاق المركبات الفضائية لدرجة أن السابر القمرى لفَّ حول القمر وراح يرسل دومًا، أول صور للجانب البعيد منه.

كانت نوعية الصور التى التقطها السابر ضئيلة القيمة وقليلة العدد، لكنها كانت كافية لتبديد بعض الأفكار الرومانسية الموجودة والمتعلقة بالجانب البعيد. فقد كان من الممكن دائما أن نحلم لسبب أو لآخر أن الجانب البعيد أقل استنفاراً للنفس من الجانب الذى نراه، وأن به شيئًا من الغلاف الجوى والماء وربما يوجد على سطحه حياة.

ليس كذلك! لقد اتضح من تلك الصور الأولى أن سطح الوجه البعيد للقمر كان سطحًا مقفراً مثل سطح وجهه المرئى. وقد أكدت على هذه الحقيقة الصور الأمريكية عندما وصلت إلى الأرض.

فى الثامن والعشرين من يوليو ١٩٦٤، أطلقت الولايات المتحدة (رانجر ٧)، الذى اصطدم بالقمر كما حدث مع (لونا ٢) منذ خمس سنوات تقريبًا. وفى هذه الحالة أضيفت تحسينات جديدة ، فخلال الثلاث عشرة دقيقة الأخيرة قبل الاصطدام، التقطت المركبة الفضائية صورا وأرسلتها إلى الأرض بطريقة القياس من بُعد . فقد تم التقاط ٤٠٣٨ صورة على مستوى أقرب وأقرب إلى أن تم الاصطدام وتوقف الإرسال تمامًا. ولأول مرة تم التقاط صور للقمر من مناطق قريبة جدًا بتفاصيل أكثر من أى شىء يمكن تصوره إذا التقطت بتليسكوب ثابت على الأرض (على الرغم من أن الجزء الذى التقطت له الصور كان جزءًا صغيراً جدا).

أظهرت الصور أن القمر قد رشق بحفر صغيرة الحجم جدا وحفر كبيرة الحجم كذلك، كان لا يزيد قطر البعض منها عن المتر ويصل عمقها ٣٠ سم .

كررت الولايات المتحدة التقاط الصور بواسطة (رانجر ٨) و(رانجر٩) فى سنة ١٩٦٥، فقد أرسل الاثنان معا ١٣٠٠٠ صورة من موقعين آخرين للقمر.

وخلال سنة ١٩٦٥، قامت تلك السوابر التى هبطت على سطح القمر بذلك بطريقة "هبوط اضطرارى" **hard landing** ذلك الهبوط الذى نجم عنه دمار السابر الذى استقر هناك. وكان المطلوب "هبوطًا متأنيًا"**soft landing**، ذلك الهبوط الذى يجعل السابر يؤدى وظيفته على سطح القمر.

لو كان للقمر غلاف جوى، لكانت هذه المهمة بسيطة نسبيًا ، حيث كان يمكن استخدام الباراشوت فى المساعدة على تقليل سقوط السابر. وبدون غلاف جوى فإن الإبطاء يجب أن يتم كلية بواسطة إطلاق نفخات صاروخية فى اتجاه سطح القمر، ونتيجة لذلك يدفع السابر بعيداً عن سطح القمر ويبطؤ إنزاله، ويتطلب ذلك معالجة حساسة جدا.

أنجز الاتحاد السوفييتى المهمة فى ٣ فبراير ١٩٦٦، عندما قام سابره (لونا ٩) بهبوط متأن على سطح القمر. وبعد ٦ سنوات بقليل من أول هبوط اضطرارى على سطح القمر، كان يستقر شىء سليم من صنع الإنسان على سطح القمر بصورة صحيحة تجعل أجهزته تعمل بكفاءة . وقد استقبلت الأرض أول صور تُلتقط على الإطلاق من سطح القمر .

هبطت (لونا ٩) فى الجزء الغربى من أوشانس بروسيلارم **Oceanus Procellarum**، وهو جزء قليل الحفر نسبيًا من سطح القمر. واسم المنطقة اسم لاتينى ويعنى "محيط العواصف" - **Ocean of Storms** وهو دليل على الأفكار الخيالية للفلكيين الأوائل، قبل التحقق تمامًا من أن القمر ليس به مياه ولا هواء . وأظهرت الصور التى أرسلت إلى الأرض لمدة ثلاثة أيام قبل تعطل الأجهزة عدم وجود محيط ولا عواصف (بالطبع) بل مجرد منطقة حجرية مهجورة تمامًا.

أطلقت الولايات المتحدة (سرفايور واحد) فى ٣٠ مايو ١٩٦٦، وكررت العمل الذى قام به الاتحاد السوفييتى. وقد قامت أيضًا بهبوط متأن على القمر فى أوشانس

بروسـلارم ، وأرسلت صـوراً من نوعـية أفـضل بعض الشيء عن الصـور التي أرسلها ساير السوفييت.

بعد ذلك قامت الأقمار الصناعية الأمريكية بمهام أخرى. فقد أطلق (سرفايور ٣) في ١٧ أبريل ١٩٦٧، ولم يقم فقط بهبوط متأن والتقاط أكثر من ٦٣٠٠ صورة لسطح القمر ، لكنه استخدم ذراع مختبر **sampler arm** لأخذ عينات من تربة القمر عن طريق إشارات أوتوماتيكية من أجهزة التحكم الأرضية.

وكـان هذا مـهـمًا، لأنه كـانت هناك بعض الافتـراضـات في ذلك الوقت بأن القمـر مغطى بطبقة كثيفة من الغبار المفكك نتجت من تفتت بسبب قذف الشهب عبر عصور طويلة، وأن أية مركبة تهبط على القمر سوف تهبط فى طبقة الغبار وتختفي، كما لو كانت طبقة من الرمل الجاف سريع الانهيار. والحقيقة المجردة بأن السـابرات التي هبطت هبوطًا متأنيًا وظلت على السطح قد برهنت على عكس ما كان يفترض من قبل، وأوضح حفر ذراع مختبر العينات بشكل جلي أن التربة القمرية لها نفس قوة التماسك الموجودة فى تربة الأرض.

(سرفايور ٥)، التي هبطت على القمر في مير ترانكليتيس **Mare Tranquillitatis** (" البحر الهادئ"، والذى يعتبر وصفا دقيقا) حملت أيضا جهازًا صغيراً يقوم بتحليل عينات من تربة القمر. وأرسلت سوابر سرفايور معا ٥٠٠٠٠ صورة، وأصبح السطح القمرى منظراً مألوفا للإنسان كما لو كان يشاهده من على سطح الأرض .

فى ٣١ مارس ١٩٦٦ أطلق الروس (لونا ١٠)، التي دخلت فى مدار حول القمر. وكررت الولايات المتحدة ذلك عندما أطلقت (المدار القمرى واحد) **Lunar Orbiter I** فى ١٠ أغسطس ١٩٦٦ وأرسلت هذه السوابر وسوابر أخـرى تدور حـول القمـر صوراً من كل أجزاء القمر بتفاصيل دقيقة، وكانت النتيجة أن أصبح لدينا خرائط يعتمد عليها عن كل مناطق القمر مثل الخرائط المرسومة للأرض.

وما خرج من هذه الخرائط أكد الشكوك التى برزت مع نفس الصور الأولى التي التقطت للجانب البعيد من القمر. ففى حين أن الجـانب المواجه للأرض به عدد من التجويفات الواسعة **maria**، (التي تبدو في الصور داكنة وكأنها بحار) وهى مناطق

كبيرة شبه مستديرة تكاد تخلو تقريبا من الحفر، ويبدو أن لها أرضيات نشأت بسبب اندلاع الحمم فى أزمنة سحيقة جداً من تاريخ القمر، فإن الوجه البعيد من القمر يكاد يخلو تماماً من هذه الأشياء.

ولا يزيد سُمْك قشرة القمر عن ٦٠ كيلومتراً فى الجانب القريب، لكنها تصل حوالى ١٠٠ كيلومتر فى الجانب البعيد،على قدر ما توصلنا إليه من معلومات عن القمر من خلال السوابر . ونتيجة لذلك، فإن شُهباً كبيرة تضرب الجانب القريب يمكنها أن تهدم القشرة القمرية وتجعل الصخر الساخن يخرج من الطبقات المنصهرة الموجودة أسفله، فى حين لو ضربت شهب مشابهة الجانب البعيد من وجه القمر فسوف تجد مقاومة من الطبقات السميكة والقوية.

لكن لماذا تظهر قشرة القمر غير متماثلة على هذا النحو؟ يبدو من الطبيعى افتراض أن الأرض لها يد فى هذا، غير أنه لم تظهر افتراضات مقنعة بعد فيما يتعلق بهذا السبب.

كان أحد الاكتشافات غير المدهشة أن القمر ليس له مجال مغناطيسى. والنظريات الحالية عن وجود المجالات المغناطيسية حول الأجرام السماوية تفترض أن هناك مطلبين. الأول: يجب أن يكون فى مركز الجرم لب سائل قادر على توصيل تيار كهربى. الثانى: يجب أن يدور الجرم نفسه بسرعة كافية لكى تنشأ دوامات فى السائل عند اللب. وحينئذ سوف تنشىء الحركة الدائرية للشحنة الكهربية بدورها مجالاً مغنطيسياً.

وللأرض لب سائل غنى بالحديد ، وهى تدور بسرعة، لذا فليس من المدهش أن يكون لها مجال مغنطيسى.

ومن ناحية أخرى، فالقمر له كثافة لا تزيد عن ثلاثة أخماس الكثافة الموجودة على الأرض. ولا بد وأن يكون مفتقراً تماماً إلى مواد أكثر كثافة نوعاً مثل الحديد. والقمر، علاوة على ذلك، لكونه أصغر كتلة نسبياً من كتلة الأرض ، فمن المؤكد أن يكون مركزه أقل سخونة . (تنشأ الحرارة فى المركز من حركة الأجسام الأصغر التى تتسحق مع بعضها لتكون جسماً أكبر، ولا يمكن للجاذبية الصغيرة نسبيًا للقمر إلا أن تحدث سرعات بطيئة تتحول إلى حرارة قليلة نسبياً) .

والجمع بين الخفة النسبية والبرودة للقمر جعلا من المعقول تماماً أن يفتقر القمر إلى لب سائل من الحديد، ومن المحتمل أن يكون كله صخراً صلباً من أوله إلى آخره. وحتى لو كان هناك لب سائل من الحديد قادر على توصيل الكهربية، فإن دوران القمر أبطأ من أن ينشئ دوامات كافية في هذا اللب. وحينئذ وبعد أن دخل كل شيء في الحساب، إذا كانت نظرياتنا صحيحة، فلا ينبغي أن يكون للقمر مجال مغناطيسي– وهو بالفعل ليس له مجال مغناطيسي.

الوصول إلى القمر

والآن بعد أن طافت السوابر غير المحمّلة ببشر حول القمر وحلّقت حوله وهبطت فوقه – هل تكون الخطوة التالية صعود الإنسان إلى القمر؟

أعلنت الولايات المتحدة مبكراً أن إطلاق السوابر المحمّلة ببشر سيكون هدفاً لها. فقد صعقتها مبادرة الروس وتفوقهم المستمر لما سمي "سباق الفضاء"**space race**. بالإضافة إلى ذلك، شعرت الولايات المتحدة بالمهانة في ١٧ أبريل ١٩٦١، عندما سُحقت محاولة لغزو كوبا في خليج الخنازير من قِبَل المعارضين للحكومة الكوبية وكانت تدعمهم أمريكا.

ولاستعادة مكانة أمريكا، أعلن الرئيس الأمريكي جون كنيدي (١٩١٧–١٩٦٣) في مايو ١٩٦١، أن الولايات المتحدة سوف تضع إنساناً على سطح القمر قبل نهاية هذا العقد. وبأخذ هذا الهدف في الاعتبار، أنشأت الوكالة القومية لأبحاث الطيران والفضاء "ناسا" **(NASA)** "برنامج أبوللو"**Apollo program** .

وكان الهدف من برنامج (جيمني) **Gemini program** الذي سبق برنامج أبوللو – بتأكيده على المناورة في الفضاء وعمليات الجمع بين المركبات الفضائية وأحواض السفن والمشي في الفضاء – تطوير نوع من القدرات المطلوبة للهبوط على القمر. واكتمل برنامج (جيمني) بنهاية سنة ١٩٦٦، وتحدد أول موعد لرحلة طيران أبوللو في فبراير ١٩٦٧ .

وتأخرت الرحلة بسبب الوفاة المأساوية لرواد الفضاء الثلاثة جريسوم وهوايت وتشافيي، الذين ألحقوا بالعمل في المركبة الفضائية[٤] spacecraft أبوللو على الأرض، وكان من الضروري إعادة تصميم المركبة الفضائية . وقد تم إنجاز العديد من رحلات أبوللو غير المحمّلة ببشر بطريقة ناجحة.

في النهاية، تم إطلاق أول مركبة فضائية من أبوللو (وعلى متنها ثلاثة رواد فضاء) في ١١ أكتوبر ١٩٦٨ . وكانت(أبوللو ٧) التي قادها والتر.م.سكيرا(١٩٢٣-) أول سفينة فضاء تطلقها أمريكا وعلى متنها ثلاثة رجال، وكانت ثالث رحلة لسكيرا إلى الفضاء. وتم اختبار قيادة ونظم التحكم في تصميم أبوللو خلال الـ ١٦٣ مداراً ، واختبرت كذلك قدرة محركات الصواريخ للبدء عند الضرورة ، لو كان وعد الرئيس كنيدي سيتحقق لكانت ستنطلق في غضون سنة من الآن.

بعد ذلك بشهرين، في ٢١ ديسمبر ١٩٦٨، أطلقت أبوللو ٨، تحت قيادة فرانك بورمان (١٩٢٨-)، الذي كان في ذلك الوقت يحمل الرقم القياسي للبقاء في الفضاء، لأنه ظل هو وجيمس .أ.لوفيل (١٩٢٨-) في جيمني ٧، قبل ثلاث سنوات في مدار ٢٢٠ طوال دورة، أو حوالي أسبوعين . وكانت سمة أخرى لهذه الرحلة هي أن جيمني ٦، التي أُطلقت بعد ١١ يوماً من إطلاق جيمني ٧، كان يقودها سكيرا ، وقامت بلقاء ناجح مع جيمني ٧، وهي المناورة التي كانت ضرورية من أجل الهبوط على سطح القمر.

بعد ذلك قامت أبوللو ٨ بمناورة فريدة، فقد انطلق الرواد الثلاثة بالسفينة إلى القمر ووضعوها في مدار حول هذا الجرم. ولو أول مرة في التاريخ كان البشر على مقربة من القمر بحيث استطاعوا دراسته على مهل بالعين المجردة، ورأوا تفاصيل لا يستطيع تليسكوب مقام على الأرض أن يوضحها . ظلت أبوللو٨ في منطقة القمر طوال عشرة مدارات أو ما يزيد قليلا عن ستة أيام. بعد ذلك عادت بنجاح إلى الأرض وظلت في الفضاء مدة تزيد قليلا عن ١١ يوما. وقد كانت في ذلك الحين أكثر رحلات الفضاء إبهارا.

ظلت أبوللو ٧ و٨ بحالة جيدة خلال بقائهما الكامل في الفضاء، على الرغم من أن كلا منهما كانت تتكون بالفعل من سفينتين فضائيتين. وكان المنتظر في النهاية، بعد

الدخول فى المدار القمرى، أن تنفصل إحدى السفينتين وهى "وحدة الريادة القمرية" lunar module وعلى متنها رجلان عن السفينة الأخرى "عربة القيادة" command module. بعد ذلك تتحرك وحدة الريادة القمرية إلى سطح القمر بينما تظل عربة القيادة فى مدار. وفى النهاية، تغادر وحدة الريادة القمرية سطح القمر وتلحق بعربة القيادة مرة أخرى.

بعد ذلك يدخل رواد الفضاء الموجودون فى وحدة الريادة القمرية عربة القيادة. وتسقط وحدة الريادة القمرية (لعدم الحاجة إليها) ، وتعود عربة القيادة وعلى متنها الروّاد الثلاثة بعد ذلك إلى الأرض.

فى ٣ مارس ١٩٦٩، أُطلقت أبوللو ٩، تحت قيادة مديفت McDivitt، وتم اختبار وحدة الريادة القمرية فى الفضاء لأول مرة، ولكن ابتغاء للحرص ظلت أبوللو فى مدار حول الأرض طوال الفترة، وظلت فى الفضاء طوال ١٥١ مداراً أو ما يقرب من عشرة أيام.

واتخذت الخطوة التالية فى ١٨ مايو ١٩٦٩ ، عندما أطلقت أبوللو ١٠ تحت قيادة توماس .ب. ستافورد Thomas P. Stafford (١٩٣٠-)، الذى سافر إلى الفضاء مرتين من قبل، وكان مع سكيرا فى أول مناسبة لضم سفينتى فضاء بطريقة ميكانيكية ناجحة.

كررت أبوللو ١٠، عمل أبوللو ٨، ووضعت نفسها فى مدار قمرى فى ٢١ مايو وظلت هناك طوال ٣١ مداراً. وفى هذه المرة، انفصلت وحدة الريادة القمرية ونقلت ستافورد وأيوجين. أ.سيرنان (١٩٣٤-) إلى سطح القمر. (كان سيرنان مع ستافورد فى رحلة طيران جيمنى ٩ قبل ذلك بثلاث سنوات، وفى تلك المناسبة ناور سيرنان بالمشى فى الفضاء لما يزيد عن ساعتين).

هبط ستافورد وسيرنان إلى مسافة ٥١ كيلومترا من سطح القمر، بعد ذلك عادا إلى عربة القيادة ،التى كان ينتظر فيها جون . و. يونج (١٩٣٠-) الذى قام برحلتين من رحلات جيمنى. وعادت سفينة الفضاء بنجاح إلى الأرض بأمان بعد بقائها ثمانية أيام فى الفضاء.

وتم الآن كل شيء ما عدا الهبوط الفعلى على سطح القمر.

فى ١٦ يوليو ١٩٦٩، أُطلقت أبوللو ١١ وعلى متنها ثلاثة رواد. كان هؤلاء الرواد هم نيل أرمسترونج وأدوين .أى.ألدرين، ومايكل كولينز. وقد ولد الرواد الثلاثة جميعهم فى سنة ١٩٣٠ .

كان أرمسترونج يقود جيمنى ٨، التى تم إطلاقها فى ١٦ مارس ١٩٦٦ . وقد التحق بصاروخ غير محمل ببشر غير أن قصوراً قد حدث لم يجعل المناورة تتم إلى النهاية المرجوة .

كان ألدرين على متن جيمنى ٢١، آخر مركبة فضاء فى سلسلة جيمنى، التى أطلقت فى ١١ نوفمبر ١٩٦٦ . وفى أثناء هذه الرحلة التى دامت أربعة أيام، قام ألدرين بالمشى فى الفضاء لمدة خمس ساعات ونصف الساعة.

كان كولينز على متن أبوللو ١٠، التى أطلقت فى ١٨ يوليو ١٩٦٦، والتى حطت على صاروخ غير محمل ببشر بصورة أكثر نجاحًا من جيمنى ٨، لكنه لم يكن النجاح الكامل.

والآن كان كل واحد من الرواد الثلاثة فى رحلته الثانية إلى الفضاء. وفى ٢٠ يوليو ١٩٦٩، كانت أبوللو ١١ تتحرك بسلاسة حول القمر فى مدار جعلها على ارتفاع من ١٠٠ إلى ١٢٠ كيلومترا فوق سطح القمر، وعلى متن عربة الريادة القمرية هبط أرمسترونج وألدرين إلى السطح بالقرب من الحافة الجنوبية الغربية من البحر الهادئ **Mare Tranquillitatis**. (المقصود المنخفض القمرى المعروف بهذا الاسم) .

فى الساعة الرابعة والدقيقة الثامنة عشرة بعد الظهر بتوقيت النهار الشرقى، فى ٢٠ من يوليو ١٩٦٩، قامت عربة الريادة القمرية التى قادها أرمسترونج بهبوط آمن على سطح القمر. ولأول مرة فى التاريخ، توجد كائنات حية من الأرض على سطح عالم آخر. وقد حدث الهبوط على سطح القمر فى عقد الستينيات حسبما تنبأ الرئيس كنيدى، مع وفر ١٦٤ يومًا. بيد أن كنيدى نفسه لم يعش ليرى هذا النصر. فقد اغتيل فى ٢٢ نوفمبر ١٩٦٣، وقد كان ريتشارد نيكسون (١٩١٣-) الرجل الذى هزمه كنيدى للفوز بالرئاسة هو الذى يجلس فى ذلك الوقت فى البيت الأبيض.

خرج أرمسترونج من عربة القيادة القمرية، وكان أول إنسان تطأ قدماه سطح القمر، وقال : "هـذه خطـوة صغيرة لإنسان، وقفزة عملاقة للبشرية." وتبعه ألدرين. وقد شاهد الحدث الرائع مئات الملايين من البشر فى جميع أنحاء العالم الذين جلسوا أمام أجهزة التليفزيون مبهورين بهذا الحدث العظيم.

وقد استطاعت التربة القمرية أن تحملهم وتحمل عربتهم الفضائية دون أية صعوبة. وقضوا ما مجموعه ٢١ ساعة و٣٦ دقيقة على سطح القمر، والتقطوا الصور، وجمعوا عينات من الصخور، وغرسوا العلم الأمريكى، وأقاموا التجارب التى ستصل نتائجها إلى الأرض بعد أن يكونوا قد غادروا القمر.

بعد ذلك رفعا عربة الريادة القمرية من فوق سطح القمر وعادا إلى عربة القيادة ، حيث كان مايكل كولينز يواصل الدوران حول القمر. وعاد الرواد الثلاثة إلى الأرض فى الرابع والعشرين من يوليو.

وقد أُطلقت ست رحلات أخرى إلى سطح القمر فى غضون الثلاث سنوات التالية. وكان أكثر هذه الرحلات إثارة هى رحلة أبوللو ١٣ التى أطلقت فى ١١ أبريل ١٩٧٠ تحت قيادة لوفيل، الذى كان على متن أبوللو ٨ ، وكانت رحلته هذه هى رابع رحلة للفضاء.

لقد كانت رحلة المركبة الفضائية أبوللو هى الوحيدة المتجهة إلى القمر التى لم تتم، حيث نجم عن انفجار فى خزان الوقود إتلاف كل القوى فى وحدة الخدمة ، التى كانت أسفل عربة القيادة والتى كانت تحتوى على نظام الدفع لتصحيح المسار فى منتصف الرحلة للوصول إلى المدار القمرى والعودة من القمر. وكان هذا يعنى أنه لا توجد وسيلة للهبوط على سطح القمر. واستطاع الرواد باستخدام الأكسجين والطاقة الموجودة فى وحدة الريادة القمرية الدوران حول القمر والعودة بأمان إلى الأرض.

هبطت أبوللو ١٥ على سطح القمر فى ٢٩ يوليو وهى التى أطلقت فى ٢٦ يوليو ١٩٧١، تحت قيادة دافيد .ر.سكوت (١٩٣٢-)، الذى كان على متن جيمنى ٨ وأبوللو ٩ , ٠ وقد حملت أبوللو ١٥ معها مركبة قمرية جوالة **lunar rover** وهى عربة مصممة للتنقل على سطح القمر. وبعد سنتين من أول هبوط للإنسان على سطح القمر، قاد

الإنسـان أتومـوبيل على سطح القمـر. وقـد قـادوا المركبـة ثلاث مـرات ولمسـافة بلغت مجموعها ٢٨ كيلومترا.

وفي ستة مرات هبوط حقيقي على سطح القمر، قام رواد الفضاء بجمع مئات الكيلوجرامات من صخور القمر وعادوا بها إلى الأرض.

لم تكن هناك عمليات هبوط على سطح القمر منذ ديسمبر ١٩٧٢، ولم يُخطط لذلك منذ هذه اللحظة. وعلى الرغم من هذا، أصبح من الواضح أن أفق الإنسان قد اتسع حتى يشمل القمر. ومن المؤكد أن البشر سيعودون إلى القمر في أي وقت يرغبون لبذل الجهود و إنفاق الأموال للقيام بهذا النشاط ..

الهوامش

(١) الغلاف المغناطيسي: الغلاف الجوى الخارجي الحاوى دقائق مشحونة هى سبب الأضواء القطبية. قاموس الجغرافيا المصور -مكتبة لبنان١٩٩١ .

(٢) الخلية الشمسية: خلية كهروضوئية، تتلقى الفوتونات من الشمس وتحول طاقتها إلى طاقة كهربائية. المترجم

(٣) المركبات الفضائية الأولى التى حملت رواد فضاء فى برنامج عطارد الأمريكى، كانت تعطى جميعها رقم ٧،لأن أول رواد فضاء أمريكيين كان عددهم سبعة.

(٤) المركبة الفضائية: مركبة فضائية مأهولة أو غير مأهولة وتشمل أيضًا الصواريخ والسواتل والسوابر الفضائية. قاموس الفلك والفضاء مكتبة لبنان .

الفصل العاشر

مجموعة الكواكب القريبة من الشمس

استغلال الفضاء

إذا كان على البشرية أن تعود إلى القمر، فمن المؤكد أن ذلك لن يكون فى ظل الظروف التى تم فيها برنامج رحلات أبوللو الفضائية، فهذا البرنامج اتخذ من الأرض نفسها قاعدة انطلاق، وفى ظل هذا البرنامج جرى استخدام سفن فضاء غير متطورة (بدائية) لم تكن تصلح إلا لرحلة واحدة. وكان هذا كافيًا بالنسبة للمراحل الأولى لاستكشاف الفضاء، أما الآن فالمرحلة القادمة تتطلب سفن فضاء أخرى أفضل.

ولكى تخطو البشرية خطوات حثيثة فى هذا الاتجاه، فلابد أن يتحدد كيف يستطيع البشر أن يؤدوا عملهم بصورة سليمة فى الفضاء على مدى فترات زمنية طويلة، ويجب ابتكار سفن الفضاء التى يمكن استخدامها أكثر من مرة، ولا بد من إنشاء قواعد دائمة فى الفضاء، ولا بد من ابتكار تكنولوجيا فضاء متقدمة.

أطلقت الولايات المتحدة أول محطاتها الفضائية **space station** (تم تصميم قمر صناعى للبقاء فى الفضاء لسنوات طويلة، ولإيواء رواد الفضاء لفترات طويلة) فى ١٤ مايو ١٩٧٣ . وهذه المحطة الفضائية التى سميت سكاى لاب **Skylab** تشبه أسطوانة طولها ١٥ مترا وعرضها ٦,٦ مترا، وتنقسم إلى غرفتين، وتبلغ كتلتها ٤٠ طنا.

ضمَّ سكاى لاب فى ثلاث مناسبات مستقلة كل مرة ثلاثة من رواد الفضاء. وظلت المجموعة الأولى فى سكاى لاب لمدة ثمانية وعشرين يومًا. وظلت المجموعة الثانية تسعة وخمسين يومًا، وظلت المجموعة الثالثة أربعة وثمانين يومًا. واكتملت المهمة الأخيرة فى

٨ فبراير ١٩٧٤ . وقد أجريت العديد من التجارب العلمية وكان أكثرها أهمية على الإطلاق هو أنه لمدة شهر ولمدة شهرين وبعد ذلك لمدة ثلاثة أشهر، احتمل الإنسان البقاء في الفضاء في ظروف انعدام الجاذبية، وأدى وظائفه بنجاح ، ولم يعان من مشاكل جسمانية أو عقلية.

بعد المهمة الثالثة، ظلت سكاي لاب تحلق حول الأرض وليس على متنها بشر ولم تستخدم قرابة خمس سنوات، وتحركت خارج الغلاف الجوى الخارجي **exosphere** على ارتفاع جديد ، ٤٢٥ كيلومترا أو نحو ذلك، حيث كانت هناك خيوط رفيعة من الغلاف الجوى الأعلى تستنزف طاقتها الحركية وتسقطها في النهاية.

وكانت هذه الحالة معروفة منذ إطلاقها، وكان مقدراً لسكاي لاب أن تظل في مدار قرابة عشر سنوات، وفي ذلك الحين كان من الممكن أن ترسل إليها سفن خاصة مصممة لرفعها لأعلى.

ولسوء الحظ ، فقد تأخر تطوير السفينة التى كانت ستستخدم لهذا الغرض في حين ساعدت الشمس – وكانت البقع الشمسية في أقصى نشاطها وبلغت الذروة عن المعتاد – على تسخين وتمديد الغلاف الجوى العلوى أكثر قليلاً من المعتاد، وتعرضت سكاي لاب لمقاومة سحب هوائى أكثر مما كان متوقعاً.

وفي أواخر ١٩٧٨، بات من الواضح أن سكاي لاب سوف تهوى نحو الأرض في وقت ما سنة ١٩٧٩، وليس هناك من سبيل لانتشالها. وقد وصلت الأقمار الصناعية وأجزاؤها إلى الأرض من قبل، عندما اصطدم قمر صناعي روسي يحمل مكونات نووية في إحدى المناطق النائية من كندا قبل ذلك بسنوات،على سبيل المثال. ومع ذلك فقد كانت سكاي لاب أكبر شيء يصنعه الإنسان يسقط من الفضاء، وشاعت مخاوف في جميع الأنحاء من أنها ستلحق ضرراً بالأرض. وجاءت تأكيدات من ناسا**NASA**[1] بأن فرصة حدوث ذلك ضئيلة جدا ، وكان احتمال أن تصيب سكاي لاب الأرض بشظية يعادل احتمال ضربها بشهب، وعلى الرغم من ذلك لم تهدأ الأعصاب المتوترة .

وفي النهاية، في١١ يوليو ١٩٧٩ عندما أكملت سكاي لاب ٣٤٩٨٠ مداراً، غاصت نحو الأرض في المدار ٣٤٩٨١ . قام العلماء المنوطون بمراقبتها بواجبهم نحو ضمان

غوصها فى المحيط. وقد سقط معظمها فى المحيط الهندى، غير أنه تم تحويل بعض أجزائها إلى صحراء بغربى أستراليا. ولم تحدث أية أضرار ولم تقع أية إصابات.

فى تلك الأثناء، من عام ١٩٧٥ فصاعدا، أنشأ الاتحاد السوفييتى محطاته الفضائية . وقد كانت تستخدم هذه المحطات مثل استخدام الولايات المتحدة لسكاى لاب ولكن على فترات زمنية أطول وبصورة أكثر نجاحاً. وفى مناسبتين مستقلتين ، ظل طاقم من ثلاثة أفراد فى الفضاء بصورة متواصلة لفترة نصف عام. كان يوجد فى جميع هذه الرحلات أحد رواد الفضاء وظل نتيجة لذلك فى الفضاء فى حالة انعدام الجاذبية طوال سنة بالتمام. ومرة أخرى لم تحدث أية مشاكل جسمانية أو عقلية تذكر.

وبدا أنه لا توجد شكوك، إذن ، فى استطاعة الإنسان العيش والعمل لفترات أطول فى ظروف فضائية. وكانت الخطوة التالية التى لا بد منها هى تحسين السفن الفضائية.

ولهذا السبب طورت كل من الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتى مكوكات فضائية[٢] **space shuttles**. وهذه المكوكات هى السفن المزمع أن تستخدم أكثر من مرة ، وتم تصميمها للسفر إلى الفضاء والعودة مرات ومرات.

وقد واجه مكوك الفضاء الأمريكى عدة صعوبات ، وكانت هناك محاولات مكثفة للتأكد من حل جميع المشاكل الفنية . فعلى سبيل المثال، كان يجب أن يظل بلاط السيراميك الذى يغطى المكوك (٣١٠٠٠ قطعة منه) مرتبطا بشكل ثابت بالسفينة فى ظل ظروف غاية فى الصعوبة لمقاومة الحرارة والسحب الجوى فى رحلة العودة[٣]. ومع ذلك، فقد كان هذا المكوك هو إحدى المغامرات الكبرى الجديدة لرحلة فضائية يقوم بها رواد فضاء ، التى لم تسبقها اختبارات أوتوماتيكية ، ولذا يجب حماية طاقمها مهما تكلف الأمر.

ولهذا السبب ، فقد تأخر برنامج المكوك بصورة متكررة، وأرجئ الموعد المقدر للرحلة الأولى على نحو متكرر . وفى النهاية، أقلع مكوك التشغيل الأول، كولومبيا **Columbia** فى ١٢ أبريل ١٩٨١ ، وهبط بعد يومين بسلام، فى الوقت الذى كانت الأمة تراقبه وتهتف بالموافقة عليه. وبعد فترة فى تلك السنة، تمت رحلة مكوكية ثانية،على الرغم من أن كل شىء لم يعمل بالصورة الصحيحة.

ومن غير شك، سوف يتم إطلاق المزيد من الرحلات المكوكية ، وستستخدم المركبات المكوكية لإيقاف الأقمار الصناعية فى مدار ولجلب مكونات إنشائية إلى الفضاء لتركيبها فيما بعد فى وحدات كبيرة لا يمكن إطلاقها من الناحية العملية فى مرة واحدة.

وللقيام بهذا، يبدو من المعقول أن نتصور أننا سنبنى منشآت تساعدنا على الاستفادة من الثروات التى سيتيحها لنا الفضاء القريب.

فمن ناحية ، هناك الطاقة الشمسية **solar energy** التى تشع باستمرار نحونا، والوقود الحفرى الذى نعتمد عليه بدرجة كبيرة كمصدر للطاقة لن يدوم للأبد، والبترول بصفة خاصة، الذى يعتبر مصدر الطاقة الغنى لن يستمر حتى نهاية القرن العشرين. وهناك اتجاه قوى بالفعل، حينئذ نحو تطوير الطاقة الشمسية كمصدر بديل للطاقة.

وجمع الطاقة الشمسية عند سطح الأرض له بعض العيوب، فأية محطة أرضية لجمع الطاقة سوف تعمل فقط لمدة اثنتى عشرة ساعة فى اليوم لأنها لن تعمل ليلاً حيث تغيب الشمس. وحتى الهواء الصافى يمتص مقداراً كبيراً من أشعة الشمس، ويؤكد هذا بدرجة أكبر كلما ابتعدت الشمس عن السمت، وكلما كان الجو أكثر تلبدا بالغيوم أو الغبار.

ولتلافى هذا القصور فى جمع الطاقة ، يمكننا تصور وضع محطة طاقة شمسية فى مدار حول الأرض. فأية منظومة من الخلايا الفلط ضوئية(٤) **photovoltaic cells** تحول الطاقة المشعة إلى كهرباء سوف تتعرض إلى قدر كبير من الإشعاع الشمسى دون أن يكون هناك أى تدخل من الأحوال الجوية على الإطلاق. فإذا وضعت المنظومة فى مدار متزامن (حوالى ٣٥٠٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض) فى المستوى الاستوائى، فسوف تدور مثل دوران الأرض ، ويبدو أنها تحوم فوق بقعة من بقاع خط الاستواء. وسوف تواجه إذن ظل ليل الأرض **Earth's night shadow** فقط خلال فترة قرب الاعتدالين فى مارس وسبتمبر. وسوف تكون فى حالة إظلام تام لمدة أسبوع واحد فقط فى السنة.

وقد قدر أن تحول منظومة من الخلايا الفلطضوئية الموضوعة فى مدار طاقة شمسية إلى كهرباء بنحو ستين مرة أكثر من مثيلتها الموجودة على سطح الأرض. ويمكن تحويل الكهرباء المتكونة فى الفضاء إلى موجات دقيقة وإرسالها إلى سطح الأرض، حيث يمكن تجميعها بصورة فعالة مما لو كانت تجمع من ضوء الشمس العادى.

وسلسلة محطات الطاقة الشمسية هذه التى ستنشأ فى الفضاء ستكون من الأعمال المكلفة والصعبة، ولكن بمجرد إنشائها سوف يتم تعويض تكاليف الإنشاء وتصبح جزءًا أساسيًا من الحضارة التكنولوجية لكوكب الأرض.

ويمكن أيضا إقامة منشآت مفيدة أخرى فى الفضاء ، حيث يمكن إنشاء مراصد فلكية بطبيعة الحال، ويمكن إقامة معامل أبحاث أيضا تستفيد من خصائص الفضاء التى يصعب (أو يستحيل) أن توجد مثيلاتها على سطح الأرض. تتضمن هذه الخصائص وجود مقادير غير محدودة من الخواء (الفراغ) النفاذ **hard vacuum**، ودرجات الحرارة العالية والمنخفضة التى تعتمد على ما إذا كان الجسم معرضا لضوء الشمس أو محجوبا عنه، والإشعاع النفّاذ **hard radiation** إذا ما تعرض لضوء الشمس، والظروف الخالية من الجاذبية. وحتى الانعزال عن الأرض بمسافة آلاف الكيلومترات من الخواء يعتبر خاصية مفيدة، حيث يمكن إجراء التجارب الخطيرة فى الفضاء بدلا من إجرائها على سطح الأرض المزدحم بالسكان.

والعديد من المعامل الصناعية، التى تعمل بصورة فائقة الأتمتة ويستخدم فيها الإنسان الآلى، يمكن وضعها فى مدار حول الأرض. وفى هذه الحالة، يمكن التخلص من النفايات ومن التلوث الناشئ من الصناعة فى الفضاء بدلاً من التخلص منها فى الغلاف الحيوى للأرض.

والميزة من هذا هى أن الفضاء بيئة أقوى إلى حد بعيد من الغلاف الحيوى وأقل احتمالا إلى حد بعيد لأن يصاب بأضرار، كما أن حجم هذا الفضاء أكبر كثيرا من حجم الغلاف الحيوى، لذا سيكون تأثره بالنفايات بدرجة طفيفة . ولن تظل النفايات فى فضاء الأرض، حيث تنقلها الرياح الشمسية (زخم من الجسيمات المشحونة عالية الطاقة يتدفق باستمرار من الشمس فى جميع الاتجاهات) إلى مناطق أكثر بعدا من خارج المجموعة الشمسية وما بعدها.

وعلى ذلك ، فقد يساعدنا تطوير الفضاء على الاحتفاظ بكل مميزات مجتمع صناعى أكثر تطوراً ، بينما تنتقل الصناعات ذاتها (بقدر ما على الأقل) من جوارنا المباشر وبذلك تقل عيوب المجتمع الصناعى.

ويمكن جلب المعادن والخرسانة والزجاج التى تحتاج إليها المنشآت المزمع إقامتها فى الفضاء من القمر بدلا من استخراجها وتصنيعها على سطح الأرض ذاتها. والعناصر الأساسية الوحيدة غير الموجودة على سطح القمر وهى الكربون والنتروجين والهيدروجين توجد بوفرة على سطح الأرض، التى يمكن أن تعمل كمصدر وسيط إلى أن تتمكن تكنولوجيا الفضاء من نشر جناحيها نحو جهة أبعد من القمر.

وأخيراً ، عند الكلام عن الأشياء غير المادية، فسوف تقوم بتنفيذ تطوير تكنولوجيا الفضاء دول على الأرض بالتعاون مع بعضها البعض، لأنها ستستفيد جميعًا من النتائج. وسوف يكون هذا عاملا إيجابيًا مشجعًا على تعاون أكثر، ويضع نهاية للحروب التى أقلقت البشرية لفترات طويلة ووصلت الآن إلى وضع مؤسف من العنف والشراسة، والتى من المؤكد أنها ستفنى المدنية وربما تضع نهاية للبشرية على وجه الأرض بشكل عام.

وقد يبدو هذا نظرة شبه مفرطة فى التفاؤل للأمور ، لكن وضع العالم حاليا يبعث على الخوف ، وإن لم تنبذ الدول الصراعات والحروب وتتعاون مع بعضها البعض من أجل خير البشرية فسوف تكون العواقب وخيمة ولن يكون هناك منتصر ومهزوم بل ستأتى نيران الحروب على الأخضر واليابس .

كوكب الزهرة

ربما يمكن أن يحدث كل هذا حتى لو أن أفق الأرض - الذى وصل حاليا إلى القمر - لم يمتد لطور آخر . هل ينبغى أن يمتد الأفق إلى ما هو أبعد ؟ وهل سنتوقف بعد أن وصلنا إلى القمر؟ هل نحن بحاجة للتوقف ؟

المشكلة التى تواجهنا هى بُعد المسافة.

يتراوح بعد القمر عن الأرض من ٣٥٦٠٠٠ كيلومتر إلى ٤٠٧٠٠٠ كيلومتر، ويتوقف هذا البعد على وضع القمر في مداره. وهذا البعد في الواقع ليس بالبعد الكبير، فبعد القمر عن الأرض في المتوسط لا يزيد عن ٩,٥ مرة محيط الأرض(يبلغ محيط الأرض ٤٠٠٧٤ كيلومترا).

استنتج الفلكي اليوناني القديم هيبارخوس من نيسيا(١٩٠-١٢٠ ق.م) منذ ١٥٠ سنة قبل الميلاد بُعد الأرض عن القمر ، في الوقت الذي لم يكن لدى الفلكيين اليونانيين الأجهزةُ التي تمكنهم من الحصول على فكرة جيدة عن بُعد أي جرم سماوي.

ولم يكن قبل استخدام جاليليو للتليسكوب لأول مرة بسنة ١٦٠٩، وقبل اختراع الفيزيائي الهولندي كريستيان هوجين (١٦٢٩-١٦٩٥) لأول ساعة دقيقة في سنة ١٦٥٦، أن أمكن في النهاية تحديد أبعاد الكواكب ، وحصل الفلكي الإيطالي الفرنسي جيوفاني دومينكو كاسيني (١٦٢٥-١٧١١) في سنة ١٦٢٧ على أول قيم معقولة لهذه الأبعاد. ولم يتضح المدى الشاسع للمجموعة الشمسية إلا بعد ذلك.

ولندرس ،على سبيل المثال، مجموعة الكواكب الأخرى القريبة من الشمس – وهي الأجرام الأكثر شبهاً في تركيبها الكيميائي العام بالأرض أو القمر ، وهناك ثلاثة منها: عطارد **Mercury** والزهرة **Venus** والمريخ **Mars**.

والزهرة من الكواكب الثلاثة هي الكوكب الأقرب إلى الأرض، ويعتمد بعدها الحقيقي على الوضع الخاص للأرض والزهرة في مداراتهما الخاصة. فعندما تكونان في نفس الجهة من الشمس وفي خط مباشر معها، تكون حينئذ الأرض والزهرة قريبتان إحداهما من الأخرى. ومع ذلك، فإن المسافة بينهما لا تقل عن ٣٨٩٠٠٠٠٠ كيلومتر. وعند أقرب مسافة للمريخ من الأرض يكون على بعد ٥٦٠٠٠٠٠٠ كيلومتر ، ويكون عطارد على بعد ٨٠٠٠٠٠٠٠ كيلومتر من الأرض.

وبمعنى آخر، فحتى عندما تكون الزهرة عند أقرب بُعد لها من الأرض فبعدها يصل ٩٥,٦ مرة قدر بُعد القمر عن الأرض في أقصى بعد له عن الأرض، والمريخ يبعد عن الأرض ١٣٧,٦ مرة قدر بعد القمر عن الأرض، ويبعد عطارد عن الأرض ١٩٦,٦ مرة قدر بعد القمر عن الأرض. وفي حين تحتاج رحلة إلى القمر ثلاثة أيام فقط، يحتاج

السفر إلى الزهرة عدة شهور، وبوضع التكنولوجيا الحالى تعتبر هذه الرحلة من المهام الصعبة.

ومع ذلك، فإذا كانت قدرتنا على الوصول إلى هذه العوالم مشكوكًا فيها،على الأقل فى الوقت الحالى، فلا يوجد مبرر لعدم استطاعتنا إرسال أجهزتنا إلى هناك، وبالفعل فقد فعلنا ذلك. فقد سافرت سوابر الفضاء[٥] **space probe** بالقرب من هذه العوالم وجاءت بنتائج مرضية للفلكيين.

وكان كوكب الزهرة أول الكواكب التى تهتم بها هذه السوابر. فهو يقترب منا بدرجة كبيرة ، وعلى أية حال، قد حصلت منه السوابر بالفعل على معلومات مدهشة.

وكوكب الزهرة على الدوام ملبّد بالغيوم، لذا لا يمكن رؤية أى شىء من سطحه بالتليسكوبات الضوئية، مهما كان تقدم هذه الأجهزة وضخامتها، لكن الضوء العادى ليس هو الشعاع الوحيد الذى يمكن أن يستخدمه الفلكيون.

فى أوائل سنة ١٩٣١، اكتشف مهندس الراديو الأمريكى كارل جيوث جانسكى **Karl Guthe Jansky** (١٩٠٥-١٩٥٠) موجات راديوية[٦] قادمة من الفضاء الخارجى، وكانت لا توجد لدى الفلكيين فى ذلك الوقت الأجهزة الضرورية للتعامل مع هذه الموجات الراديوية.

بيد أنه خلال الحرب العالمية الثانية، أدت متطلبات الحرب إلى التطوير السريع للأجهزة لإنتاج واكتشاف حزم قصيرة نسبيًا من موجات الراديو تسمى "الموجات الدقيقة" **microwaves** (الميكروويف)[٧]، وعلى الرغم من أن كلمة دقيق تعنى صغيراً، فلا تزال أكثر طولا من موجات الضوء. ويمكن لهذه الموجات الدقيقة أن تخترق الضباب والدخان والسحب التى لا تستطيع موجات الضوء أن تخترقها. بيد أن الموجات الدقيقة يمكن أن تنعكس بواسطة الأجسام الصلبة بشكل مشابه لموجات الضوء. ويمكن اكتشاف الموجات الدقيقة المنعكسة بعد انعكاسها، ومن الزمن المنقضى بين انبعاث الموجات الدقيقة واكتشاف الصدى يمكن تحديد مسافة الجسم الصلب الذى أدى إلى انعكاسها (وبطبيعة الحال اتجاهه).

ويعمل الرادار[٨] عن طريق إرسال موجات دقيقة واكتشاف الانعكاسات القادمة منها . وكان البريطانيون أول من طور الرادار بطريقة مفيدة ، واستطاع البريطانيون من خلال استخدام الرادار التصدى لطائرات الألمان وهزيمتهم فى معركة بريطانيا عام ١٩٤٠ .

بعد الحرب العالمية الثانية، استفاد الفلكيون من خبرة الرادار فى تطوير الأجهزة الضرورية للتعامل مع موجات الراديو بشكل عام، ونشأ عن ذلك علم الفلك الراديوى[٩] **radio astronomy.**

وعلى سبيل المثال، يمكن إرسال حزم من موجات الراديو إلى العوالم الأخرى واكتشاف الانعكاسات المنبعثة منها. ويمكن تحديد مسافات هذه العوالم بنفس السهولة التى تتحدد بها مسافات الطائرات المقتربة. وفى سنة ١٩٤٦ ، كان العالم المجرى زلطان لاجوس باى (١٩٠٠-) يرسل الموجات الدقيقة ويستقبل انعكاساتها من القمر.

ويعتبر كوكب الزهرة من الأجرام البعيدة ، ونتيجة لذلك، يصعب إرسال موجات الراديو إليه واستقبالها منه، وبسبب البعد أيضا يكون الانعكاس ضعيفًا ويصعب اكتشافه. وعلى الرغم من ذلك، ففى سنة ١٩٥٨، تم إرسال حزم من الموجات الراديوية إلى كوكب الزهرة واكتشف الانعكاس القادم منه. وبذلك أمكن تحديد المسافة بين الزهرة والأرض بصورة أكثر دقة مما كان ممكنا بالوسائل الأخرى، ومن ذلك يمكن حساب جميع المسافات الأخرى فى المجموعة الشمسية بصورة أكثر دقة عن ذى قبل. واتضح أن كل هذه المسافات كانت فى حدود ٠,٥ فى المائة أقل مما كان محسوبًا من قبل.

وتصادف أن كل الأجسام يصدر منها أشعة، فإن كانت الأجسام على درجة من السخونة يكون الإشعاع على درجة من النشاط ، ويكون قصير الموجة بحيث يصدر فى صورة موجات ضوء على الأقل إلى حد ما . وعلى ذلك إذا سخّنت جسما، فإنه يصبح فى النهاية أحمر ساخنا، وإذا سخنته بدرجة أكبر فإنه يصبح أبيض ساخنا.

والأجسام الباردة جدا التى يستحيل أن تصبح ساخنة حمراء تبعث موجات تحت حمراء، التى تعتبر أطول من موجات الضوء العادى وأقل منها نشاطًا. ولا يمكن رؤية

الموجات تحت الحمراء بالعين بينما تكتشفها الأجهزة. وكلما كان الجسم أبرد، كانت الموجات التي يرسلها أطول في المتوسط. ويمكن تحديد درجة حرارة جسم من نمط الموجات التي يشعها .

ويصدر سطح كوكب الزهرة نمطا من الأشعة طويلة الموجة تشتمل على كميات كبيرة من الموجات الدقيقة، ولما كان الضوء العادى لا يمكنه اختراق طبقة السحب التي تغلف الكوكب، فإن الموجات الدقيقة يمكن أن تخترقها بسهولة.

في سنة ١٩٥٦، تم تحليل نمط إشعاع الموجة الدقيقة الصادر من كوكب الزهرة، وظهر في الحال من هذا النمط أن الزهرة قد تكون كوكبًا أكثر سخونة مما كان يتصور- أكثر سخونة إلى حد بعيد. وكان التفكير المعتاد في ذلك الوقت أن كوكب الزهرة لكونه أقرب إلى الشمس سيكون أدفأ من الأرض، ولما كانت فوقه طبقة سحب حامية تعكس على الأقل ثلاثة أرباع ضوء الشمس القادم، فقد لا يكون أكثر دفئا، في حين يبدو أن إشعاع الموجه الدقيقة القادم من الزهرة يناقض هذا.

وعلى مدى السنوات التالية، طورت كل من الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي قدراتهما لوضع أقمار صناعية في مدار حول الأرض، وبدأت كُلٌ منهما تخطط لإرسال سوابر إلى كوكب الزهرة.

كان أول سابر ناجح ينطلق إلى كوكب الزهرة هو مارينر ٢، الذي أطلقته الولايات المتحدة في ٢٧ أغسطس ,١٩٦٢ وقد انطلق فوق مسار منحن حمله لمسافة ٢٩٠٠٠٠٠٠٠ كيلومتر في ١٠٩ يوما. وفي النهاية، في ١٤ ديسمبر ١٩٦٢، عندما كان السابر يبعد عن الأرض في خط مستقيم ٥٨٠٠٠٠٠٠ كيلومتر ، غطس فوق طبقة من السحب تبعد عن الزهرة مسافة ٣٥٠٠٠ كيلومتر .

استطاعت الأجهزة المحمولة في مارينر ٢ أن تقيس إشعاع الموجة الدقيقة القادم من الزهرة بتفاصيل واضحة من عدة بقاع على سطحها. وقد اتضح أن سطح الزهرة كان أشد سخونة حتى من القياسات الأولى للموجة الدقيقة التي استقبلتها الأجهزة على الأرض، وقد أكدت على ذلك كل السوابر الأخرى.

والسطح، الذى نحن على يقين منه حاليا سطح ساخن بصورة جهنمية فوق جميع أنحاء الزهرة، بالقرب من القطبين وكذلك عند خط الاستواء، وفى الوجه المقابل لليل والوجه المقابل للنهار أيضا. وتصل درجة حرارة السطح حوالى ٤٧٥ درجة مئوية (٨٩٠ درجة فهرنهيتية)، والتى تعتبر من السخونة لدرجة أنها تذيب القصدير والرصاص وتجعل الزئبق يغلى.

لماذا تصل سخونة كوكب الزهرة إلى هذه الدرجة المدهشة؟ يبدو أن السبب فى ذلك يرجع إلى غلافه الجوى.

أرسل الاتحاد السوفييتى (السابق) سلسلة من السوابر إلى كوكب الزهرة، نجح اثنان منها وهما (فينيرا ٩) و(فينيرا ١٠) فى اختراق غلاف الكوكب ذاته والنزول على سطحه بواسطة الباراشوت فى أكتوبر ١٩٧٥ . ولم يظلا هناك لفترة طويلة حيث كانت ظروف سطح الزهرة شديدة الحرارة . ومع ذلك، فقد أوضحا أن جو الزهرة أكثر كثافة من جو الأرض بحوالى تسعين مرة.

التقطت السوابر صوراً لسطح الزهرة، وكانت أول صور تلتقط لهذا الكوكب. وقد أوضحت الصور سطحاً صخرياً جافاً مضاء بطريقة مدهشة. فقد عكست السحب فى جو الزهرة أو امتصت حوالى ٩٧٪ من أشعة الشمس التى تسقط على الكوكب، غير أن كمية الأشعة التى اخترقت السحب كانت كافية لجعل سطح الزهرة سطحا براقًا مثل سطح الأرض فى يوم ملبد بالسحب.

وقد تأكد كل هذا بعد أن أطلقت الولايات المتحدة بايونير الزهرة **Pioneer Venus** فى ٢٠ مايو ١٩٧٨ حيث وصل فى ٤ ديسمبر ١٩٧٨، وأرسلت عدة سوابر وليدة إلى جو الزهرة. وكان جو الزهرة كما اتضح يتكون من ٩٦,٦ ٪ ثانى أكسيد كربون و٣,٢ نتروجين، وتشكل النسبة الباقية المكونات الصغرى.

ولثانى أكسيد الكربون خاصية امتصاص الإشعاع طويل الموجة ويسخن نتيجة لذلك، بينما لا يقوم بذلك الأكسجين والنتروجين. والغلاف الجوى للأرض الخفيف نسبياً من الأكسجين والنتروجين يجعل ضوء الشمس يمر خلال النهار وتمتصه الأرض، والتى تسخن نتيجة لذلك. وفى الليل، تشع الأرض هذه الحرارة إلى الفضاء فى صورة أشعة

تحت حمراء طويلة الموجة، والتى تمر أيضا خلال أكسجين ونتروجين الغلاف الجوى، وتبرد الأرض بصورة مماثلة (فى المتوسط) كما أدفأها أثناء النهار.

وتسمح أشعة ثانى أكسيد كربون الكثيفة للزهرة بمرور أى ضوء من الشمس خلال السحب ويصل إلى سطحها ويدفئه. بيد أن الأشعة تحت الحمراء من سطح الزهرة أثناء الليل لا تستطيع المرور خلال ثانى أكسيد الكربون، لدرجة أن سطح كوكب الزهرة لا يبرد. وترتفع درجة حرارته وينتج المزيد والمزيد من الأشعة تحت الحمراء، وفى النهاية يصبح هناك قدر كاف من الأشعة تحت الحمراء يشق طريقه خلال الجو لمنع الزهرة من أن تدفأ أكثر من ذلك. وفى ذلك الوقت تكون الزهرة قد أصبحت دافئة جداً بالفعل.

وهـذا ما يطلق عليه ظاهرة "الصوبة الزجاجية [١٠] أو الاحتباس الحرارى" **greenhouse effect**، لأنه يفترض أحياناً أن الظاهرة نفسها تجعل الصوب الزجاجية دافئة فى الطقس البارد (على الرغم من أن الواقع الفعلى يكون مختلفا).

وتمكن الفلكيون بواسطة بايونير الزهرة من رسم خريطة لسطح الزهرة بتفاصيل دقيقة برغم طبقة السحب الحاجبة بشكل دائم. وللقيام بذلك، فمن الضرورى استخدام حزم من الموجة الدقيقة تخترق السحب عند دخولها ثم ترتد على السطح لتنتج حزمة منعكسة تخترق السحب عند خروجها. ويعطى شعاع الموجة الدقيقة المنعكس معلومات عن السطح مثل شعاع موجة الضوء المنعكسة. (ويجب أن تقوم أجهزة بتحليل الموجات الدقيقة، بالطبع، حيث يمكن تحليل موجات الضوء بواسطة العين أو بالكاميرا. بعد ذلك، أيضا لما كانت الموجات الدقيقة أطول من موجات الضوء، فإنها تعطى نتائج معتمة - بشكل يشبه كما لو أن السطح منظور إليه بصورة استجامتية (لا نقطية) .

يبدو أن معظم سطح الزهرة مستو، ومن نوع يشبه القارات بدلا من قيعان البحار، بحيث يبدو أن الزهرة لم يكن بها أبدا محيط طوال تاريخها البدائى، ولكن على أبعد تقدير ، بعض البحار الداخلية. وتشكل المساحة القارية للزهرة حوالى خمسة أسداس سطحها الكلى، مع وجود بعض المناطق المنخفضة التى تشكل السدس الباقى.

ويوجد بالقارة العملاقة الضخمة التى تتكون منها الزهرة بعض الأدلة على وجود فوهات ولكن بمقدار صغير. إذ ربما يكون الغلاف الجوى السميك قد محاها. ومع ذلك توجد أجزاء مرتفعة من القارة الكبيرة، واثنان منها كبيران بشكل واضح.

وفيما يسمى فى الأرض بالمنطقة القطبية، يوجد على الزهرة سهل فسيح مرتفع وكبير ويسمى إيشتار تيرا **Ishtar Terra** ("أرض إيشتار"؛ وإيشتار هى المكافئ البابلى لإلهة الزهرة الرومانية).

وتبلغ مساحة إيشتار تيرا مساحة الولايات المتحدة ، وجزؤها الغربى مسطح نسبيًا، ويرتفع ٣,٣ كيلومترا فوق المستوى الطبيعى للزهرة. وتوجد فى منطقته الشرقية سلسلة جبلية، تسمى ماكسويل مونتس **Maxwell Montes**، تظهر منها أعلى القمم التى يصل ارتفاعها ١١,٨ كيلومترا فوق المستوى المتوسط البعيد عن السهل. وهذه السلسلة الجبلية أعلى بارتفاع ٣,٧ كيلومترا عن قمة جبل إفرست الموجود على سطح الأرض.

ويوجد بالمنطقة الاستوائية من الزهرة سهل آخر كبير يسمى أفروديت تيرا **Aphrodite Terra** (أفروديت هى المكافئ اليونانى للزهرة الرومانية). فهى بعرض ٩٦٠٠ كيلومتر، وبها بعض القمم التى يصل ارتفاعها ٨ كيلومترات. وتمتد من الطرف الشرقى لأفروديت تيرا مجموعة من الأخاديد العظيمة لمسافة ٥٠٠٠ كيلومتر. وتشق بعض من هذه الأخاديد قشرة الكوكب حتى عمق ٢,٩ كيلومترا أسفل المنسوب المتوسط لسطح الزهرة.

ويوجد بمنطقة صغيرة من التلال الجنوبية الغربية من إيشتار تيرا، بيتا ريجيو، جبلان هما رهيا مونس **Rhea Mons** و ثيا مونس **Theia Mons**، يصل ارتفاع كل منهما ٤ كيلومترات. وقد تكون هذه التلال براكين. وقد ينتشر رهيا مونس فوق مساحة تساوى مساحة نيومكسيكو وقد يكون أكبر إلى حد بعيد من أى بركان موجود على سطح الأرض.

وتشكل هذه السهول والسلاسل الجبلية والبراكين والأخاديد ٥ ٪ فقط من سطح الزهرة.

عطارد

كوكب عطارد هو الجرم الوحيد الكبير نوعًا ما ، الذى يدور حول الشمس على بعد أقل من بعد الزهرة ، فهو يدور حول الشمس دورة كل ٨٨ يومًا (سنة عطارد) وقد كان يعتقد حتى سنة ١٩٦٢ أنه يدور حول محوره فى ٨٨ يوما أيضا. وهذا يعنى أن وجها واحدا منه يواجه الشمس دائمًا والوجه الآخر يكون دائما بعيدا عن الشمس (مثل القمر).

بيد أنه فى سنة ١٩٦٢، أوضحت دراسات الموجات الدقيقة المنعكسة من سطح عطارد أنه يدور بالفعل حول محوره مرة كل ٥٨,٦٥ يوما، أو بالضبط ثلثى فترة دورانه حول الشمس، بحيث يواجه كل جزء من سطح عطارد ليل ونهار.

ودرجة الحرارة القصوى لعطارد عند النقطة التى تكون فيها الشمس عند السمت فى الفترة التى يجعل فيها المدار كوكب عطارد قريبا من الشمس هى ٤٢٥ درجة مئوية (٨٠٠ درجة فهرنهيتية). ودرجة الحرارة هذه ليست عالية مثل درجة حرارة الزهرة، على الرغم من أن الزهرة أبعد من الشمس – لكن عطارد ليس له غلاف جوى، ومن ثم لا توجد به غازات تخزن الحرارة وتحتفظ بها .

ثم أيضا، تظل درجة حرارة الزهرة قريبة تمامًا من درجة الحرارة القصوى فى جميع الأوقات فى كل مكان على سطحه. وعطارد من ناحية أخرى يفقد الحرارة (حيث لا يوجد غلاف جوى يحتجزها) كلما غابت الشمس، ويكون ذلك عندما تكون الشمس أسفل الأفق. وأثناء غياب الشمس خلال الليل الطويل وعلى وشك الشروق، تنخفض درجة الحرارة إلى –١٨٠ درجة مئوية (٢٩٠ درجة فهرنهيتية تحت الصفر).

وعلى الرغم من أن عطارد ليس له غلاف جوى، فإنه بعيد جدا عن الأرض ويُرى دائما قريبا جدا من الشمس لدرجة أن التليسكوبات التى ترصده من الأرض لم تستطع أن تميز شيئا واقعيا من سطحه. وبفضل استخدام السوابر فإن الأمور قد تغيرت.

ففى ٣ نوفمبر ١٩٧٣، أطلقت (مارينر ١٠) ، ومرت بالقمر، وفى ٥ فبراير ١٩٧٤، مرت بكوكب الزهرة على بعد ٥٨٠٠ كيلومتر فوق طبقة السحب. بعد ذلك اتجهت إلى عطارد وأصبحت أول سابر لعطارد عندما كانت تبعد عن سطحه مسافة ٧٠٠ كيلومتر، وذلك فى ٢٩ مارس ١٩٧٤ .

وبعد ذلك دارت حول الشمس في مدار أخذ فترة دوران ١٧٦ يومًا، أو ضعف طول سنة عطارد. وهذا المدار يعيده إلى عطارد كل مرة يكمل فيها الكوكب دورتين حول الشمس. مرت (مارينر ١٠) بعطارد مرة ثانية في ١٢ سبتمبر ١٩٧٤، ومرت به مرة ثالثة في ١٦ مارس ١٩٧٥ . وفي المرة الثالثة اقترب في حدود ٣٢٧ كيلومتراً من سطحه. وبعد المرور الثالث استهلك (مارينر ١٠) الغاز مما جعله في وضع ثابت وأصبح بعد ذلك غير مفيد لإجراء المزيد من الدراسات على الكوكب.

وأوضحت الصور التي التقطها (مارينر ١٠) لعطارد معالم مشابهة تماما للمعالم الموجودة على سطح القمر. فقد كانت هناك حفر في كل مكان ورصدت أكبرها وكان يصل قطرها حوالي ٢٠٠ كيلومتر.

ولا توجد بحار بوفرة في عطارد (البحار هي البقع الداكنة المترامية الأطراف على سطح القمر) الموجودة في القمر. ويصل طول أكبر واحد رُصِد منها في عطارد حوالي ١٤٠٠ كيلومتر. ويسمى كالوريس **Caloris** (" حرارة") لأنه يوجد في منطقة من عطارد تكون فيه الشمس فوقه تماما عندما يكون الكوكب قريبًا من الشمس.

ولعطارد أيضا منحدرات صخرية يصل طولها مئات الكيلومترات وارتفاعها ٢,٥ كيلومترا.

لم تلتقط (مارينر ١٠) صوراً إلا لثلاث أثمان سطحه في المرات الثلاث التي مرت به ،غير أن الفلكيين يشكون في أن يكون بقية سطح الكوكب مشابه تماما للجزء الذي التقطت له الصور .

المريخ

- المريخ هو الكوكب الباقي من المجموعة الشمسية القريبة من الشمس.

وعلى عكس عطارد والزهرة، فالمريخ يأتي بعد الأرض في بعده عن الشمس ، ويمكن رصده بطريقة أسهل من عطارد والزهرة. ويكون المريخ أحيانًا أقرب جدا من الأرض عن عطارد، ويمكن أن يُرى عاليًا في السماء أثناء الليل بوجهه المرئي الكامل

فى ضوء الشمس، فى حين يكون عطارد والزهرة دائمًا قريبين من الشمس، وعندما يكونان فى الجانب القريب من مدارهما لا يظهر إلا جزء من وجههما فى ضوء الشمس.

وللمريخ غلاف جوى لكنه غلاف خفيف جداً ولا تكاد توجد أية سحب أو ضباب تحجب سطحه. ومن جميع الكواكب القريبة من الشمس ، نتيجة لذلك يعتبر الكوكب الوحيد(بخلاف الأرض نفسها بالطبع) الذى رسمت له التليسكوبات الأرضية خريطة . كانت الخريطة إلى حد بعيد نمطًا من الضوء والظل (التى يعتقد البعض أنها تمثل اليابسة والبحر). فى سنة ١٨٧٧، مع ذلك، أعلن الفلكى الإيطالى جيوفانى سكيباريلى (١٨٣٠-١٩١٠) عن اكتشاف علامات داكنة ضيقة وطويلة تسمى كنالى canali"قنوات".

وترجم الفلكيون فى بريطانيا العظمى والولايات المتحدة كلمة كنالى "قنوات"، وقد اعتبرها بعضهم إشارة إلى وجود حياة عاقلة على المريخ. الحياة التى كانت قادرة على صنع أعمال هندسية ضخمة. كان المناصر القوى لوجهة النظر هذه هو الفلكى الأمريكى برسيفال لوويل (١٨٥٥-١٩١٦)، الذى نشر كتاباً عن الموضوع سنة ١٨٩٤ روج فيه لفكرة وجود حياة عاقلة على سطح المريخ ، وروج بعد ذلك الكاتب هـ.ج. ويلز الفكرة فى قصته حرب العوالم War of Worlds، التى نشرت سنة ١٨٩٨ . ومن ذلك التاريخ فصاعدا، أصبح الناس المهتمون بالفلك هم أكثر الناس اهتماما بكوكب المريخ .

وما إن عادت السوابر بمعلومات عن القمر والزهرة، حتى بدأ عمل جاد فى كل من الاتحاد السوفييتى والولايات المتحدة لإطلاق سوابر إلى المريخ.

كان أول سابر ناجح إلى المريخ هو (مارينر ٤) ، الذى تم إطلاقه فى ٢٨ نوفمبر ١٩٦٤، وقد عبر المريخ على بعد ١٠٠٠٠ كيلو مترمن سطحه فى ١٤ يوليو ١٩٦٥ .

وعندما عبر (مارينر ٤) المريخ التقط ٢٠ صورة أرسلت إلى الأرض فى صورة إشارات موجية دقيقة. ولأول مرة فى التاريخ كان من الممكن رؤية سطح كوكب آخر بوضوح كبير.

وفى هذه الصور لم تظهر أية قنوات، بل ظهر عدد من الحفر كانت مشابهة للحفر الموجودة على القمر. والأكثر من ذلك ، أوضحت معلومات أخرى نقلت إلى الأرض

بواسطة (مارينر ٤)، أن الغلاف الجوى للمريخ يتكون أساساً من ثانى أكسيد الكربون وكان أخف مما كان يتوقع، إذ لا يتعدى واحداً بالمائة من الغلاف الجوى للأرض. وقد تضاءلت فرصة وجود حياة عاقلة بدرجة كبيرة.

أطلقت (مارينر ٦) فى ٢٤ فبراير ١٩٦٩، و(مارينر ٧) فى ٢٧ مارس ١٩٦٩ . كانت كلتا المركبتين مزودتين بأجهزة أكثر تعقيدا مما كانت لدى (مارينر ٤). وكانت الصور التى التقطتاها أكثر وضوحا وأكثر تفصيلا من الصور التى التقطتها (مارينر ٤).

فى ٣٠ يوليو ١٩٦٩،غطست (مارينر ٦) نحو المريخ وتبعتها (مارينر ٧) فى ٤ أغسطس، وأرسلا معًا ١٩٩ صورة إلى الأرض.

أوضحت الصور الجديدة أن الحفر موجودة - فسطح المريخ كان مليئا بالحفر- وكانت كثيفة فى أماكن مثل مثيلتها الموجودة على سطح القمر. ومع ذلك، أوضحت السوابر الجديدة أن المريخ لا يشبه القمر كلية. فقد كانت هناك مناطق فى الصور بدا فيها سطح المريخ مستوياً وبلا معالم، أو مختلطاً ومتكسراً بطريقة لا تشبه سطح الأرض ولا سطح القمر.

وأوضحت الصور الجديدة أيضا عدم وجود أدلة على القنوات. ثم أوضحت السوابر أيضا أن درجة الحرارة فى المريخ أقل مما كان يتوقع ولا يحتمل أن يوجد ماء سائل على الكوكب (على الرغم من أن به قمماً جليدية قطبية قد تحتوى على ثلج). ومن خلال عدم وجود ماء حر على سطحه ولا أكسجين فى الغلاف الجوى ولا إشارة لوجود قنوات، فقد تضاءلت فرصة وجود حياة عاقلة على سطح المريخ إلى الصفر.

فى ٣٠ مارس ١٩٧١، أطلقت (مارينر ٩)، وكان من المخطط لها أن توضع فى مدار حول المريخ، وقد تم ذلك فى ١٣ نوفمبر ١٩٧١، عندما وصلت إلى الكوكب. وقد كانت أول مركبة بشرية توضع فى مدار حول أى عالم آخر غير الأرض والقمر(بعد ١٤ سنة فقط من وضع أول مركبة فى مدار حول الأرض).

بعد فترة وجيزة من وضع (مارينر ٩) فى مدار حول المريخ، وصل سابرين سوفييتين هما (مارس ٢) و (مارس ٣). ألقى كل منهما بسابر وليد على سطح المريخ. الأول فى ٢٧ نوفمبر ١٩٧١، والثانى فى ٢ ديسمبر ١٩٧١ .

ولسوء الحظ، فقد بدأت عاصفة ترابية فى ٢٢ سبتمبر ١٩٧١ واجتاحت الكوكب كله ، وظلت تعصف عندما وصلت السوابر الثلاثة إلى المريخ. والسوابر السوفييتية التى قامت بأول هبوط على المريخ لم تستطع مقاومة العاصفة، غير أن (مارينر ٩) بوجودها فى مدار آمن استطاعت أن تتجنب العاصفة.

بينما كانت (مارينر ٩) تنتظر، التقطت صور لقمرى المريخ الصغيرين. وحتى ذلك الوقت، لم يكن هناك شىء معروف عنهما سوى مدارهما وحقيقة أنهما صغيران. وأوضحت الصور أنهما بيضاويا الشكل بصورة غير منتظمة بما يشبه حبة البطاطس.

وفوبوس **Phobos**، أقرب القمرين للمريخ هو القمر الأكبر، ويصل قطره ٢٨ كيلومترا فى أقصى اتساعه. ويصل قطر ديموس **Deimos**، وهو القمر الآخر، ١٦ كيلومترا فى أقصى اتساعه.

وتكثر الحفر بالقمر فوبوس ، وأطلق على أكبر الحفر اسم ستكنى **Stickney**، على اسم عائلة زوجة الفلكى أساف هول (١٨٢٩-١٩٠٧)،الذى اكتشف القمرين، والتى ألحت عليه أن يحاول ليلة أخرى عندما كان ينوى التخلى عن الموضوع.

ويوجد بديموس آثار للحفر، أيضا، وأكبر اثنتين سميتا فولتير **Voltaire** وسويفت **Swift** على اسم الهجّائين اللذين تحدثا عن المريخ بأن له قمرين كبيرين قبل فترة طويلة من اكتشافهما. بيد أن حفره تبدو مملوءة ومغطاة تقريبا بالغبار والزلط.

وأخيراً، فى ديسمبر ١٩٧١ استقرت العاصفة الترابية وبدأت (مارينر ٩) فى التقاط الصور للمريخ. وفى النهاية، نجحت فى رسم خريطة لكل أجزاء المريخ، بحيث أصبح سطحه معروفا تماما مثل سطح القمر.

وأول شىء أوضحته هذه الصور، مرة وللأبد، هو أنه لا توجد قنوات على سطح المريخ. فكل هذه الخطوط الداكنة الضيقة كانت أوهامًا بصرية (كما افترض بعض الفلكيين من قبل بفترة طويلة قبل أيام السوابر). فلا توجد علاقة باليابسة والبحر بالمناطق المضيئة والمظلمة ، لكنها من نتاج الغبار الداكن والفاتح الذى توزعه الرياح الموسمية، كما افترض الفلكى الأمريكى كارل ساجان(١٩٣٥-) قبل ذلك بسنوات قليلة.

وكانت تتركز الحفر التى اكتشفتها السوابر الأولى فى الجزء الأكبر فى وجه واحد من المريخ. والوجه الآخر به عدد قليل من الحفر وبه بعض الملامح المميزة، وخاصة أشياء تبدو بوضوح أنها براكين.

ووقع أكثر البراكين شهرة فى منطقة كان يطلق عليها شيباريلى اسم ، ثارسيس Tharsis. وكان أكبرها يسمى أوليمبس مونس Olympus Mons (جبل أوليمبيا) فى سنة ١٩٧٣ . ويعتبر أكبر من أى بركان موجود على سطح الأرض.

ويمتد فى الاتجاه الجنوبى الغربى من منطقة ثارسيس أخدود يصل عمقه كيلومترين وعرضه ٥٠٠ كيلومتر ويبلغ طوله ٣٠٠٠ كيلومتر. ويسمى فاليس مارينريس Valles Marineris (وادى مارينر). ويقدر طوله بحوالى تسع مرات طول الأخدود العظيم الموجود على سطح الأرض و١٤ مرة قدر عرضه ، وضعف عمقه.

وكان المطلوب الآن هو هبوط متأن حقيقى على المريخ، مثل الهبوط الذى استطاع الروس القيام به فى سنة ١٩٧١، لكنه كان يجب أن يتم فى وقت لا تظهر فيه عواصف رملية شديدة نشطة فوق الكوكب.

وبأخذ هذا فى الاعتبار، أطلقت (فايكنج ١) فى ٢٠ أغسطس ١٩٧٥، و(فايكنج ٢) فى ٩ سبتمبر من نفس السنة. ودار كل منهما فى مدار حول المريخ. وقد استغرقت فترة قبل إيجاد موقع أملس يسمح بالهبوط المتأنى ، لكنه فى ٢٠ يوليو ١٩٧٦، وصل سابر مساعد لـ (فايكنج ١) يسمى (هابط) lander إلى ٢٢,٢٧ درجة شمال خط استواء المريخ. وبعد بضعة أسابيع، وصل هابط (فايكنج ٢) بأمان إلى ٤٧,٩٧ درجة شمال خط استواء المريخ.

وأثناء هبوطهما، قام الهابطان بتحليل جو المريخ، ووجدا أنه يتكون من ٩٥٪ ثانى أكسيد الكربون، و٢,٧ ٪ نتروجين و١,٦٪ أرجون ومكونات صغرى أخرى، ووجدا أن درجة حرارة السطح باردة جداً . وحتى فى حالة الدفء القصوى لا ترتفع درجة حرارة التربة إلى درجة انصهار الجليد.

وبمجرد أن وصل الهابطان على التربة المريخية، التقطا صوراً تم إرسالها إلى الأرض. وكلا الهابطين، على الرغم من أنهما منفصلان عن بعضهما بمسافة كبيرة،

إلا أنهما أظهرا المنظر الطبيعي نفسه – منطقة صحراوية جرداء مغطاة بالصخر من مختلف الأحجام بدءًا من الحصوات الصغيرة وحتى الأحجار الكبيرة. وكانت الصور الملتقطة ملونة، وظهـر الصخر باللون الأحمـر. وظهـرت السماء بلون قرنفلي سلموني براق، لا يختلف عن الغبار المحمر في الهواء.

وتم تحليل عينات من تربة المريخ واتضح أنها أكثر وفرة بالحديد وأكثر افتقاراً إلى الألومونيوم عن تربة الأرض، غير أن الاختلاف ليس كبيراً جدا.

وقد تركز الاهتمام أساسًا على التجارب التى يمكن أن يقوم بها الهابط، التى كان الغرض منها توضيح ما إذا كانت هناك حياة مجهرية **microscopic life** في تربة المريخ. وقد اعتمد هذا على ما إذا كانت عينة التربة المأخوذة من سطح المريخ يمكن أن تفي ببعض التفاعلات الأساسية التى تفى بها الحياة على الأرض ، في ظل ظروف مشابهة. وإن كانت تفي بهذه التفاعلات، ما إذا كانت ستفقد قدرة تربة المريخ على أن تؤدى ذلك لو تم تسخينها تحت ظروف تدمر الحياة على الأرض لو كانت تلك الحياة المجهرية موجودة.

وقد أجريت ثلاث تجارب مستقلة، وفي التجارب الثلاث كان الهدف هو معرفة إمكانية وجود حياة ومع ذلك لم تؤكد النتائج ذلك بشكل حاسم . وكان هذا حقيقى على وجه خاص لأن تجربة رابعة أوضحت عدم وجود مادة عضوية يمكن اكتشافها في تربة المريخ، وعلى الأرض على الأقل، كانت كل صور الحياة تتكون بلا استثناء من مواد عضوية وكان العلماء غير مستعدين لقبول حياة غير عضوية، ولذا حاولوا استنباط طرق تعطي فيها تربة المريخ هذه التفاعلات المحاكية للحياة حتى لو كانت لا توجد حياة.

ولم تحسم مسألة الحياة المجهرية على سطح المريخ تماما لذلك السبب،على الرغم من اتفاق معظم العلماء على أن الاحتمال فيما يبدو هو عدم وجود حياة.

الهوامش

(١) ناسا (الهيئة القومية للطيران والفضاء): وكالة مستقلة تابعة لحكومة الولايات المتحدة الأمريكية مسئولة عن برنامج الفضاء المدنى. أسسها فى سنة ١٩٥٨ الرئيس أيزنهاور، ومقرها فى واشنطن دى سى. نفذت مشروعات فردية فى مراكز مجالات مختلفة. المترجم

(٢) مكوك الفضاء: مركبة أمريكية تنطلق كصاروخ وتهبط كطائرة. المترجم

(٣) يعطى البلاط للمكوك الفضائى مظهر الجدار المصنوع من الطوب، يذكر بصورة تدعو إلى الاستغراب بالقمر القرميد لهول.

(٤) الخلية الفلطضوئية: خلية تنتج الفلطية،عند وصلة بين مادتين فيها،عند تعرضها للضوء. المترجم

(٥) السابر الفضائى: مركبة فضائية تطلق لدراسة جرم أو ظروف فضائية بعيدا عن الأرض. قاموس الفلك والفضائيات المصور.

(٦) موجة راديوية: موجة كهرمغناطيسية فى نطاق التردد بين ١٠ كيلوهرتز إلى ٣٠٠ ألف ميجا هرتز وتنتج عن تيار متناوب فى موصل. المترجم

(٧) الموجات الدقيقة: الموجات الكهرمغناطيسية ذات الأطوال الموجية فى المدى بين ٠,٣ إلى ٣٠ سنتيمترا. معجم الفيزياء. د.ابراهيم حمودة مكتبة أكاديميا.

(٨) الرادار: جهاز للكشف عن الأجسام، وتحديد مواقعها، وبعدها باستخدام أشعة الراديو وانعكاسها على هذه الأجسام. معجم الفيزياء السابق ذكره.

(٩) فلك راديوى: استخدام موجات الراديو فى استكشاف الأجرام السماوية . المعجم السابق ذكره

(١٠) ظاهرة الصوبة الزجاجة أو الاحتباس الحرارى: ظاهرة تدفئة جو الكوكب، تنشأ عن طريق امتصاص المكونات الجوية للأشعة تحت الحمراء. تصل الطاقة المشعة إلى سطح الكوكب أساسا كضوء مرئى من الشمس والتى يعيد سطح الأرض إشعاعها مرة أخرى على هيئة موجات طويلة تحت حمراء فى صورة حرارة. ويمتص ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء هذه الأشعة تحت الحمراء ويعمل كغطاء وتكون النتيجة أن ترتفع درجة حرارة الجو. وعلى سطح الأرض، يعمل على تعزيز هذه الظاهرة حرق الوقود الأحفورى وإزالة الغابات بكميات كبيرة، بحيث يكون هناك احتمال زيادة تدريجية فى متوسط درجة حرارة الهواء بدرجات عديدة مما ينشأ عنه انصهار الجليد القطبى وارتفاع منسوب سطح البحر. CAMBRIDGE ENCYCLOPEDIA, ١٩٩٤ PAPERBACK

الفصل الحادى عشر

كوكب المريخ وما وراءه

مستوطنات الفضاء

كانت البشرية بحلول عام ١٩٨٠، قد استكشفت بدقة وإحكام كل العوالم الكبيرة فى مجموعة الكواكب القريبة من الشمس : الأرض وتابعها القمر **moon**، الزهرة، عطارد، والمريخ وتابعاه الاثنان فوبوس **Phobos** وديموس **Deimos**.

هناك أجرام صغيرة تظهر أحيانا بصورة عرضية فى نطاق مجموعة الكواكب القريبة من الشمس وهى: الكويكبات **asteroids** والشهب **meteroids** والمذنبات **comets**. وتعتبر هذه الأجرام حاليا فى نطاق أفق البشرية ، لأن البشرية إذا ما رغبت فى أى وقت فى استكشافها فإنها تستطيع، على سبيل المثال، أن تنشئ سابراً **probe** لدراسة المذنب هالى[(١)] **Halley's Comet** عند ظهوره التالى (فى عام ١٩٨٦) داخل نطاق مجموعة الكواكب القريبة من الشمس.

وأيضا ، قد ينشئ العلماء سابراً لدراسة الكويكب الصغير إيكاروس **astroid Icarus** عند اقترابه التالى من الأرض. (ولا يزيد قطر هذا الكويكب عن كيلومتر واحد، ويمكن أن يكون أحيانًا على بُعد ٦,٤٠٠,٠٠٠ كيلومتر من الأرض.)

ومن المهم بصفة خاصة ، أن تم الاستعداد لرصد إيكاروس فى إحدى مساراته القريبة بأجهزة ملائمة يجرى حمايتها بشكل كاف من الحرارة والأشعة، لأن إيكاروس فى هذا المدار القريب لا يزيد بعده عن الشمس ٢٨,٤٠٠,٠٠٠ كيلومتر . وهذا المدار أقرب إلى الشمس من مدار كوكب عطارد أو مدار أى جرم آخر معروف (ما عدا بضع

مذنبات) . وبمعنى آخر، ربما يمكننا أن نستخدم إيكاروس كـ "سابر شمسى" sun probe. (ويجب أن نتذكر أيضًا أن الشمس هى إحدى أعضاء المجموعة الشمسية الداخلية) .

وصحيح ، إن كل استكشافات مجموعة الكواكب القريبة من الشمس، خارج نظام (الأرض – القمر)، قد تمت بواسطة سوابر لم يرتدها بشر ، لكن ربما نعتبر هذا مراوغة غير مهمة . وعلى الرغم من ذلك، فقد نجح الاستكشاف بهذه السوابر ، وحاليا فالخريطة المرسومة للمريخ معروفة بتفاصيل أكبر من الخريطة التى رسمت لداخل أفريقيا منذ قرن مضى.

ومع ذلك، لا بد لنا أن نطرح السؤال:هل ستطأ قدما الإنسان فى أى وقت عوالم وراء القمر؟

وفى هذا الخصوص، يجب ألا ننسى مسألة بُعد المسافة ؛ فالمريخ هو الهدف المنطقى التالى بعد القمر، لأن الزهرة وعطارد على درجة من شدة الحرارة والقرب من الشمس بحيث لا يجدى الوصول إليهما قبل الوصول إلى المريخ. ومع ذلك، فسوف تستغرق بالقطع رحلة انكفائية[٢] round trip إلى المريخ (أو إلى الزهرة أو عطارد، لهذا السبب) أكثر من سنة ، وهذا ما يؤكد على أنها رحلة شاقة بالفعل.

إن إرسال أجهزة لا تحتاج إلى وسائل مساعدة على الحياة – تحت ظروف غير مدروسة تنتهى بتدمير الأجهزة – عمل باهظ التكاليف ومحبط لكنه ليس مأساويًا، وفشل سوابر فضائية مثل مارس١ [٣] (Mars 1) ومارس٢ (Mars 2) يعد استنزافًا اقتصاديًا لا يستهان به . أضف ، مع ذلك، أن ضرورة توافر كل الأشياء الأساسية المساعدة على الحياة لمدة سنة أو أكثر وبقدر كاف من الأمان، مع تلافى الأعطال المفاجئة التى تظهر أثناء التشغيل (والضغط النفسى الشديد) سوف تضاعف التكاليف بطريقة رهيبة.

وكذلك فإن الضغوط النفسية الناتجة عن وضع بعض البشر فى حبس انفرادى لعدة شهور فى ظل أنماط حياة تتطلب جسارة وبراعة ، بالإضافة إلى إدراك أن إنقاذ هؤلاء البشر لن يكون ممكنا إذا ما حدث خطأ ما ، قد يكون ذلك من الأمور التى

يصعب تحملها. وإذا وضعنا كل هذا فى الحسبان ، فسيبدو احتمال إرسال رواد فضاء إلى المريخ احتمالاً ضعيفًا.

وإذا نظرنا إلى المسألة بطريقة تفاؤلية، فقد نشير إلى أن أوائل رحالة البحار العظام - الفينيقيون والفايكنج والبولينزيون والبرتغاليون - سافروا جميعًا إلى مناطق بعيدة مترامية الأطراف فى جهات مجهولة لعدة شهور، وواجهتهم خلال تلك الفترة مصاعب جمة من عواصف وأعاصير وحيوانات مفترسة ولم يكن هناك أمل فى إنقاذهم، ومع ذلك استطاعوا التغلب على تلك الظروف. فإذا إذا كان لدى رواد الفضاء الجسارة والشجاعة التى كان يحظى بها الملاحون فسوف نتوقع نجاحات باهرة .

وقد نجادل أيضا بأن رواد الفضاء عندما يعبرون أجواز الفضاء إلى المريخ يمكنهم أن يكونوا على اتصال دائم بأوطانهم عن طريق الراديو أو حتى عن طريق التليفزيون طوال معظم الرحلة، ولن يكون لديهم، لهذا السبب، الشعور بالخوف من العزلة التى عانى منها الملاحون الأوائل .

ومقابل كل هذا، كان الملاحون يصادفون - على غير توقع وغالبا ما كان يحدث - أرضًا خلال رحلاتهم، وكانت لديهم الفرصة للتوقف لأخذ قسط من الراحة ،إذا جاز القول، والتزود بالماء والإمدادات الأخرى ومقابلة بشر، بينما لا تتوافر لرواد الفضاء هذه الفرصة.

وتخمينى هو أن رواد الفضاء، الذين يقلعون بمركباتهم الفضائية من الأرض سيستطيعون الوصول إلى المريخ والعودة ويكابدون عناء الرحلة الطويلة الشاقة بشجاعة ونجاح ، إذا ما تعهدت إحدى الدول أو اتحاد مالى دولى بدفع نفقات الرحلة. ومع ذلك سوف تكون الرحلة عملاً دالاً على البطولة والبراعة ولن تتكرر لزمن طويل. (فلم يأت طواف تالٍ حول الأرض بعد أول طواف قام به من تبقوا أحياء من طاقم رحلة مجلان إلا بعد ستين سنة) .

ومع هذا فذلك ، إن كان سيقتصر إطلاق رحلات رواد الفضاء من فوق سطح الأرض.

لقد ذكرت من قبل مشروعات تطوير الفضاء القريب من الأرض - أى الفضاء الواقع ما بين الأرض والقمر. وإذا ما تم هذا التطوير - أى إذا كان سيجرى شغل

الفضاء القريب بمحطات القوى والمراصد والمعامل والمصانع- إذن فلن ينطلق السفر إلى الكواكب الأخرى من الأرض بل من الفضاء القريب المعد لاستكشاف الكواكب الأخرى.

يبدو من المنطقى أن نفترض أن مستعمرى الفضاء سيمكثون فى الفضاء فترات زمنية أطول – خاصة وإن كانت ستأتى معظم مواد البناء من القمر. ويتطلب الحصول على المواد الخام إنشاء قاعدة تعدين على سطح القمر، ويبدو من المعقول أن تتم عملية التكرير فى الفضاء – إنتاج المعادن والأكسجين والخرسانة والتربة والحشائش والمواد الأخرى.

فى سنة ١٩٧٤، نشر الفيزيائى الأمريكى جيرالد .ك.أونيل Gerald K. O'Neill (١٩٢٧-) اقتراحًا بأنه من المجدى تكنولوجيًا إنشاء مستوطنات كبيرة فى الفضاء تكون قادرة على إيواء عشرة آلاف شخص أو أكثر ، ويجب أن تصمم هذه المستوطنات بحيث يكون بها بيئات شبيهة ببيئة الأرض وبها ضوء شمس يعطى إيقاع النهار –الليل الطبيعى الموجود على الأرض، ويمكن أن يكون تأثير الطرد المركزى على السطح الداخلى لمستوطنة دوارة بديلا عن تأثير الجاذبية على السطح الخارجى للأرض؛ ويمكن استغلال الشمس فى هذه المستوطنات كمصدر إمداد وفير من الطاقة.

ومنذ ذلك الحين، تم دراسة مشكلة هذه المستوطنات الفضائية بشكل مستفيض ، وقد اتضح أنه مهما كانت تكلفة إنشاء المستوطنات القليلة الأولى، فسوف يتولى المستوطنون بأنفسهم مهمة إنشاء مستوطنات أخرى من المادة والطاقة التى يجرى الحصول عليها من خارج الأرض (فى الجزء الأعظم)، وأن الفوائد التى ستجنيها الأرض سرعان ما تعوض أى استثمار مبدئى يمكن تصوره.

والأكثر من ذلك، سوف تفى التكنولوجيا الحالية بمتطلبات البدء فى المشروع، وسوف تُمكِّن أوجه التطور المتوقعة فى التكنولوجيا من بناء مستوطنات بصورة أكثر سرعة وأقل تكلفة وأكثر إتقانًا، وهذا صحيح ، والتكنولوجيا الحالية ستفى بمتطلبات البدء فى المشروع.

و ما يعوق هذه التطورات فى الوقت الراهن هو عوامل اقتصادية (القلق بشأن التكاليف الباهظة)، وعوامل سياسية (تفضيل إنفاق الأموال على التسلح بدلاً عن ذلك)، وعوامل نفسية (عدم الثقة فى دول أخرى، وعدم الاعتقاد فى جدوى استيطان الفضاء) – لكنها ليست عوامل تكنولوجية.

وسوف توضح نظرة متفائلة للمستقبل أنه فى القريب العاجل ستكون الضرورة الواضحة لتوسيع أفق البشرية هى السبب الملح لبناء مستوطنات الفضاء. وسوف يقوم الإنشاء أيضا بعمل المشروع العظيم الذى لن يكون من الواضح أهميته العظيمة فقط ، بل سيحث على إيجاد مناخ من التعاون البشرى فى شىء على قدر من الضخامة بحيث يثير حماسة القلب والعقل، ويجعل الناس ينسون خلافاتهم البسيطة التى شغلت فكرهم واستنفدت مواردهم آلاف السنين فى حروب لا طائل من ورائها .

وإذا كان الواقع الجديد سيصبح بهذه الصورة ، فسوف تأخذ حينئذ مشكلة القيام برحلات طويلة إلى الكواكب الأخرى اتجاهاً مختلفاً تماماً ، فأجيال البشر الذين سيعيشون طوال حياتهم فى مستوطنات فضائية والذين ربما يولدون هناك ، من المؤكد أن يكون لديهم موقف مختلف تماماً تجاه رحلات الفضاء عن موقف الأشخاص الذى قضوا معظم حياتهم على الأرض.

أولاً، فى حين تعتبر رحلات الفضاء لأهل الأرض شيئا مختلفًا وغريبًا، فسوف يعتبرها مستوطنو الفضاء من الأمور الروتينية، وسوف يعمل المستوطنون فى الفضاء بشكل روتينى ، ويتاجرون عبر الفضاء ويكونون مدركين على الدوام لبيئة الفضاء، وفى حين يكون الفضاء بيئة غريبة على سكان الأرض فإنه سيكون موطنا للمستوطنين.

ثانيا، فى حين تبدو سفينة الفضاء بيئة غريبة جداً لأهالى الأرض، فسوف تصبح نفس البيئة شبيهة بالوطن للمستوطنين. وسوف يعيش المستوطنون بالفعل داخل عالم ويتعودون على بيئة مهندسة ودورة حياة حافلة بالنشاط، وسوف تكون سفينة الفضاء أصغر من مستوطنة لكنها ستكون لها نفس الخصائص.

ثالثا، فى حين تعوّد أهل الأرض على جاذبية ثابتة وكبيرة، فسوف يتعود المستوطنون على جاذبية كاذبة **pseudo-gravity** (تأثير الطرد المركزى) والتى تتغير

تبعًا للموقع داخل المستوطنة، وسيتعودون أيضا على انعدام الجاذبية (انعدام الوزن) zero gravity التى تصاحب أى عمل يتم فى مدار السقوط الحر free-fall orbit . وسوف تؤثر زوايا الابتعاد المدارى التثاقلية المصاحبة لرحلة الفضاء على المستوطن من الناحية السيكولوجية والفسيولوجية بدرجة أقل مما تؤثر به على سكان الأرض.

رابعًا، إحدى الصعوبات الرئيسية الناجمة عن رحلات الفضاء المنطلقة من سطح الأرض هى الحاجة إلى التغلب على جذب مجال الجاذبية. وبالنسبة لمستوطنى الفضاء، سيكون جذب الأرض أقل شدة بدرجة كبيرة، ولذا ستكون رحلات الفضاء المنطلقة من المستوطنات أسهل وأقل استهلاكًا فى الطاقة بدرجة كبيرة. وسوف يعنى هذا بالتالى أنه يكون من الناحية العملية بناء سفن فضاء كبيرة وأكثر إتقانًا، وهذا أيضا من شأنه أن يقلل من تأثير رحلات الفضاء.

ونتيجة لذلك، فقد يفترض أنه عندما يحين الوقت لوصول البشر إلى الكواكب وحدوث انفراج كبير فى الأفق البشرى ،أن يكون المستوطنون أنفسهم وليس أهل الأرض هم الرواد فى هذا المضمار ، ويصبح المستوطنون هم البحارة الأوائل فى القرن الواحد والعشرين.

سيكون المريخ هو الهدف الأول، كما قلت من قبل ، لأن ظروفه أيسر ولن تكون إمكانية استغلاله أقل من فرص استغلال القمر(بصرف النظر عن بعد المسافة). وفى الواقع، سيكون المريخ أكثر راحة، فلن تكون درجة حرارته المنخفضة درجة الحرارة الأكثر سوءا مثل درجات حرارة الليل فى القمر، وسوف نتجنب الشعاع الشمسى الأسوأ أثناء النهار، وستكون الجاذبية على سطحه أعلى من الجاذبية على سطح القمر(٤ , ٠ ج بالمقارنة بـ ١٧ , ٠ ج) ، وله فى النهاية غلاف جوى خفيف وبعض العناصر الطيارة التى لا توجد فى القمر أيضًا.

وربما يكون من غير المحتمل أن يعيش المستوطنون على سطح المريخ فترة أطول مما يعيشون على سطح القمر، فمن المفترض أنهم سينشئون مستوطنات فى مدار حول المريخ ويعيشون فيها ويستخدمون المريخ ذاته كموقع للتعدين فقط.

ومن غير المحتمل أن يصل المستوطنون إلى الاتجاه الآخر القريب من الشمس. فستبدو الزهرة عالمًا عديم الفائدة تمامًا للتطور البشرى - فهو كوكب حار على مدار العام بصورة لا تطاق وغلافه الجوى كثيف جداً.

ويعتبر عطارد أقل قسوة، فالحياة على سطحه أثناء الليل لن تكون صعبة على مستوطنين تعودوا على ليل سطح المريخ والقمر، ولكن بطبيعة الحال ، فأى تواجد فى هذا الوجه الليلى سيكون بصورة مؤقتة فقط ، لأن شروق الشمس على سطحه سيمنع أى عمل يجرى فوقه. لكنه يمكن استغلال الإقامة الأولى فى الوجه الليلى فى إنشاء جحر بعمق كاف تحت السطح لإيجاد وسط بارد نسبياً يُمكِّن المرء من تحمل البقاء فى حرارة السطح أثناء فترة النهار التى تدوم ١٤٠٠ ساعة (المترجم: لأن الكوكب يدور حول محوره مرة كل ٥٩ يومًا)، ومع ذلك فقد يبدو إستيطان عطارد من الأمور المشكوك فى تحقيقها فى أفضل الأحوال.

وهناك أيضا مناقشات تدور بين الحين والآخر عن "تشكيل تربة " الكواكب - أى تغييرها وجعلها أكثر ملاءمة للبشر، وإن لم يكن من الممكن جعل هذه الكواكب صالحة للعيش فيها بالفعل، فقد تستغل بشكل أفضل كقاعدة للحصول منها على الموارد .

ومع ذلك فاحتمالات الاتجاه المبدئى للاستكشاف البشرى وتوسع الأفق الإنسانى ستكون فى الاتجاه البعيد عن الشمس وليس القريب منها. فهناك مجال أوسع بعيداً عن الشمس من الاتجاه إليها، ومن الأسهل الحصول على الدفء عند الإقامة فى بيئة باردة عن الحصول على البرودة عند الإقامة فى بيئة حارة.

وسوف يكون المريخ، على سبيل المثال، مجرد محطة على الطريق لما سيوجد فى البعيد. فوراء المريخ حزام كويكبات(٤) **asteroid belt** به العديد من العوالم الصغيرة - ربما يصل عددها ١٠٠,٠٠٠ عالم، ولها أقطار تزيد عن الكيلومتر الواحد.

سوف توفر هذه العوالم مصدراً غنيًا من المواد الخام من كافة الأنواع. والكتلة الكلية للكويكبات أقل بكثير من الكتلة الكلية للقمر،غير أن الطبقة السطحية للقمر فقط هى المتاحة للإستغلال ومعظمه تقريبًا (مثل الأرض) عميق جداً بالدرجة التى يصعب الوصول إليها بسهولة. وفيما عدا الكويكبات الكبيرة جداً (سيرس **Ceres**، يصل قطرها

١٠٠٠ كيلومتر، هناك بضع عشرات من الكويكبات تزيد أقطارها عن ١٠٠ كيلومتر)، وكل مواد الكويكب قريبة جداً من السطح بحيث يسهل استخدامها. بعد ذلك، أيضا، نحن متأكدون تماماً من وجود المواد المتطايرة (كالزيوت والهيدروكربونات والوقود وغيرها) التى لا توجد على سطح القمر.

وقد يجىء الزمن، حينئذ، حينما تمثل الكويكبات المناجم العظيمة للبشرية. وليس هذا فقط، بل ستنشأ مستوطنات جديدة فى حزام الكويكبات حيث توجد المواد التى تفى بالغرض، ويظل الإشعاع الشمسى قوياً بدرجة كافية لأن يكون مصدراً مفيداً من مصادر الطاقة.

ويشغل حزام الكويكبات حجماً من الفضاء ربما يصل بليون مرة الحجم الذى يشغله المدار القمرى، ويستطيع المرء أن يتخيل مدى ضخامة عدد المستوطنات التى يمكن شغلها . ولن يكون من الصعوبة أن نتصور مجىء الزمن الذى تعيش فيه الغالبية العظمى من الجنس البشرى فى حزام الكويكبات.

المشترى

حزام الكويكبات هو نطاق مجموعة الكواكب القريبة من الشمس، ويوجد وراءه بعيداً عن الشمس بقاع شاسعة من مجموعة الكواكب البعيدة عن الشمس. وتتوزع العوالم فى مجموعة الكواكب البعيدة عن الشمس بصورة متناثرة لكنها أيضاً عوالم كبرى .

ويعتبر المشترى **Jupiter** العملاق من هذه العوالم ، فهو يمثل ثلاثة أخماس كتلة المجموعة الشمسية إذا ما استبعدنا منها الشمس. ويقع وراء المشترى زحل وأورانوس ونبتون، وكتلتها جميعاً أصغر نسبياً من كتلة المشترى لكنها أكبر نوعاً من الأرض. وللمشترى أربعة أقمار بنفس كتلة القمر تقريباً أو أكبر وهى: أيو **Io** ويوربا **Europa** وكانيميد **Ganymede** وكالستو **Callisto**. ولكل من زحل ونبتون قمر كبير واحد هو تيتان **Titan**، وتريتون **Triton** على التوالى.

وهناك أيضا أقمار أصغر، فلكل من المشترى وزحل اثنا عشر قمراً أو نحو ذلك، ولأورانوس ما لا يقل عن خمسة أقمار (لكنها ليست من الأقمار الكبيرة)، ونبتون له قمر نعرفه. بالإضافة إلى ذلك هناك أجرام صغيرة فى مجموعة الكواكب البعيدة عن الشمس تصاحب الكواكب الأربعة العملاقة، ونعرف منها حاليًا ثلاثة: شارون **Charon**، وبلوتو **Pluto**، وشيرون **Chiron**.

والأبعاد الموجودة فى منطقة الكواكب العملاقة أكبر من مثيلتها الموجودة فى مجموعة الكواكب القريبة من الشمس. فالمشترى ونظامه القمرى يقع على الحافة الخارجية من حزام الكويكبات، فى حين يبعد زحل عن مدار المشترى بمسافة ٦٥٠,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر، أو ١١,٥ مرة أدنى بُعد للمريخ من الأرض. ويقع أورانوس وراء مدار المشترى بمسافة ٢,١٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر، ويقع نبتون وراءه على مسافة ٣,٧٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر، ويقع بلوتو وراءه بمسافة ٥,١٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر فى المتوسط. وتبلغ المسافة من المشترى إلى بلوتو ست مرات القطر الكلى لمجموعة الكواكب القريبة من الشمس.

ومع ذلك فقد قامت السوابر الصاروخية باختراق ناجح إلى ما وراء حزام الكويكبات.

ففى ٢ مايو ١٩٧٢، تم إطلاق (بايونير ١٠)، وغادرت الأرض بسرعة مبدئية بلغت ١٤,٥ كيلومتر فى الثانية وتعتبر أكبر سرعة استطاع أن يصل إليها الإنسان حتى ذلك الحين .

مرت (بايونير ١٠) بأمان خلال حزام الكويكبات ، حيث اكتشفت جسيمات فى تلك المنطقة أقل مما كان يتوقعه الفلكيون. وبعد ذلك وصلت جهة المشترى فى ٣ ديسمبر ١٩٧٣ . وقد كانت (بايونير ١٠) تبعد عن سطح المشترى ما لا يزيد عن ١٢٥,٠٠٠ كيلومتر .

وجاءت (بايونير ١١) بعد (بايونير ١٠) التى تم إطلاقها فى ٥ أبريل ١٩٧٣، وكانت تبعد عن المشترى بمسافة ٤٢,٠٠٠ كيلومتر فى ٢ ديسمبر ١٩٧٤ . ووضعت (بايونير ١١) فى اتجاه جعلها تستشرف المناطق القطبية للمشترى.

ومن المعلومات التى أرسلتها هذه السوابر ، ظهر أن المشترى يتكون أساسًا من كرة ضخمة من الهيدروجين الغازى فى المناطق الخارجية البعيدة، ومن سائل فى المناطق الداخلية ، وفى حالة معدنية صلبة فى اللب. وهناك نسبة من خليط الهليوم والهيدروجين تصل حوالى ١:٥، بالإضافة إلى كميات صغيرة من العناصر الثقيلة، وقد يكون هناك قلب صخرى صغير فى المركز ذاته.

وكوكب المشترى حار، حيث تصل درجة الحرارة عند ١٠٠ كيلومتر أسفل سطحه المرئى إلى ٣٦٠٠ درجة مئوية(٦٤٠٠ درجة فهرنهيتية) و تصل درجة الحرارة فى مركز المشترى حوالى ٥٤٠٠٠ درجة مئوية (٩٧٠٠٠ درجة فهرنهيتية) .

ولم تستطع المركبات بايونير ١٠ و١١ تبين أقمار المشترى، غير أن ذلك قد صحح بواسطة زوجين آخرين من السوابر الخاصة باستكشاف المشترى، حيث تم إطلاق (فوياجير ١) فى ٥ سبتمبر ١٩٧٧ وإطلاق (فوياجير٢) فى ٢٠ أغسطس ١٩٧٧ . وعلى الرغم من أنه تم إطلاق فوياجير ٢ فى وقت مبكر إلا أنها كانت تطير بصورة بطيئة ووصلت متأخرة. ومرت (فوياجير١) بالمشترى فى ٥ مارس ١٩٧٩، ومرت به (فوياجير ٢) فى ٩ يوليو ١٩٧٩ .

اكتشفت (فوياجير ١) حلقة من كتل الحجارة المتناثرة حول المشترى تشبه تماماً كتل الحجارة الموجودة حول زحل، لكنها أكثر خفة وأقل حجمًا ، بحيث لا تظهر حلقة المشترى من الأرض. ويفترض أن الحلقة تتكون من جسيمات صغيرة، لكنه يوجد اثنان أو ثلاثة أجرام أكبر مصاحبة لها أو خارجها تمامًا، وهى أجرام على درجة من الضخامة بحيث يعتقد أنها أقمار مستقلة التى تعتبر أقرب للمشترى من تلك الأقمار التى اكتشفتها الأجهزة المقامة على سطح الأرض، وقد تعمل هذه الأجرام على حصر كتل الحجارة المتناثرة داخل حدود الحلقات.

التقطت (فوياجير ١) صوراً لكل قمر من الأقمار الأربعة الكبيرة للمشترى. وتبعًا لترتيب أبعادها المتزايدة من المشترى فهى كالاتى: أيو **Io**، ويوربا **Europa**، وجانيميد **Ganymede**، وكاليستو **Callisto**. ويعتبر قمر يوربا أصغرها حجمًا وهو أصغر قليلا من القمر التابع للأرض، أما أيو فيعتبر مساويًا تقريبًا لقمرنا من حيث

الحجم، وجانيميد وكاليستو يعتبر كل منهما أكبر من القمر، وأيضا أكبر فى القطر من الكوكب عطارد(قطر كوكب عطارد ٤٨٧٨ كيلومترا) .

وجد أن سطح كاليستو تغطيه فوهات كثيفة ، وكل بقعة على سطحه تعتبر جزءاً من فوهة أو أخرى. وهناك نمطان من عين الثور تناثرت فيهما الفوهات بصفة خاصة، وكوّنت حلقات مادية متداخلة .

والقمر جانيميد أقرب للمشترى من كاليستو، وهو أيضا يتعرض بدرجة أكبر على التوالى لتأثير المد والجزر للمشترى. ويمكن أن يعمل تأثير المد والجزر كمصدر للحرارة، وربما يكون جانميد قد احتفظ بحرارته الداخلية لفترة أطول من كاليستو ، ونتيجة لذلك، فلا يزال يوجد به نشاط جيولوجى بعد المرحلة المبكرة من تكون الفوهات . وتحركت قشرته وطرأت عليها تغيرات، لأنه على الرغم من أن جانيميد له مناطق تكون فوهات مثل كايستو، إلا أنه توجد أيضًا مناطق بداخل سطح جانيميد لا تزال تربتها حديثة وبها من الحفر أكثر من الفوهات.

ولما كان يوربا أقرب إلى المشترى فلا يزال أكثر دفئًا - على درجة من الدفء تكفى لإذابة الماء الذى يعتبر جزءا من تركيبه الخارجى. (ويتوافر الماء بكلٍ من جانيميد وكاليستو ، ولهما كثافات منخفضة تدل على وجوده، غير أن الماء الموجودة فيهما فى صورة ثلج فى جميع الأنحاء.)

ومع ذلك يعتبر المحيط الضخم الذى يغطى يوربا متجمداً عند السطح، بحيث يقع يوربا تحت ما يبدو أنه بلاطة كروية منزلقة من جليد البحر. ويبدو نتيجة ذلك أن سطح يوربا أملس . وأى شهب قد يتصادف أن يضرب هذا السطح من المحتمل أن يصطدم بالجليد ويتناثر الماء من تحته. وقد يمسح التجمد التالى أية علامة لما قد ينشأ من آثار. (ومع ذلك، فهناك آثار لثلاثة فوهات يتراكم فيها الجليد حول الضربة، دون أن يوجد هناك الوقت الكافى حتى الآن لتغطيتها بالجليد) .

وهناك شىء غريب آخر بشأن يوربا هو أن سطحه مغطى بعلامات سوداء مستقيمة قد تعتبر شروخًا فى غطاء الثلج. وهذه تبدو بصورة مدهشة مثل العلامات التى رسمها الفلكيون فى يوم من الأيام للمريخ وفسَّروها على أنها قنوات.

أيو، هو القمر الأقرب من الأقمار الكبرى للمشترى ، ويعتبر بصورة طبيعية القمر الأكثر تأثراً بتأثيرات المد والجزر للمشترى. وقبل ثلاثة أيام من مرور (فوياجير ١) بالمشترى، تنبأ بحث علمى بأن البراكين النشطة قد توجد على القمر نتيجة لذلك. وكان التنبؤ من التنبؤات الصحيحة، فقد اكتشفت (فوياجير ١) ما لا يقل عن ثمانية براكين على سطحه على إثر انفجار نشط ، وعندما مرت (فوياجير٢) بعد أربعة شهور، كانت لا تزال ستة من هذه البراكين متفجرة . وأيو هو العالَم الوحيد، بخلاف الأرض الذى يوجد على سطحه براكين نشطة.

وتماثل كثافة أيو كثافة قمرنا، وهو عبارة عن كرة من الصخر، وينبعث منه الماء والمواد المتطايرة الأخرى بسبب حرارته الداخلية. ومثل أقمار المشترى الكبرى الأخرى، لا يوجد بـ أيو غلاف جوى سوى خيوط رفيعة من الغاز. وفى حالة أيو، غالبًا ما يكون الانبعاث ثانى أكسيد كبريت، الذى يتولد من الانفجارات البركانية التى تثير غباراً ورماداً على سطحه العديم الهواء. ويعتبر معظم الانفجار بخار الكبريت الذى يتجمد. ولذا فأيو مغطى بسطح ذى لون أحمر وأصفر من الحمم الكبريتية التى تملأ الفوهات التى تكونت، ويمكن اكتشاف بعض الفوهات التى تكونت حديثًا ولم تملأ تماماً بعد.

الكواكب الأقصى بعدا عن الشمس

كان للعديد من سوابر المشترى مداراتها المصممة بطريقة تجعلها تتحرك فى مسار قريب من زحل، ولم يمض وقت طويل حتى تبعتها (فوياجير ٢)، وبذلك أصبحت سوابر لزحل. مرت (بايونير ١١) على بُعد ٢٠,٢٠٠ كيلومتر من السطح المرئى لزحل فى ١ سبتمبر ١٩٧٩، وأرسلت صوراً تفصيلية عن الحلقات التى أوضحت أنها أكثر تعقيداً عما يمكن أن تظهره أجهزة المراصد الأرضية.

بعد ذلك، فى ٢١ نوفمبر ١٩٨٠، عبرت (فوياجير ١) زحل ، وبعد ذلك بدأت تظهر الحلقات بشكل معقد ؛ فهى تتكون من حوالى ألف من الحلقات الثانوية . وحتى "فاصل كسينى"(٥) Cassini division، الذى يظهر من الأرض على أنه حزام خال تماماً يقسم

الحلقتين الرئيسيتين، ثبت أنه يحتوى على عدة حلقات ثانوية رفيعة وبداخلها جسيمات . وتمتد الحلقات أبعد فى اتجاه زحل وللخارج منه مما يمكن رؤيته من الأرض. ويبدو أن بعض الحلقات الثانوية غير متماثلة تمامًا ويبدو أن إحداها مجدولة. وكما فى حالة المشترى، هناك أقمار صغيرة (على الأقل ثلاثة منها) فى الحافة الخارجية للحلقات وربما تعمل على حجز الجزيئات داخل الحلقات.

وتم تصوير عدد من الأقمار كان بمعظمها فوهات كما كان متوقعًا. وميماس Mi-mas له فوهة كبيرة جدا تتناسب مع حجمه، وقد يكون التصادم الذى أحدث الفوهة قد صدع القمر تقريباً.

وجد أن للقمر ديون Dione قمراً ثانيًا أصغر يشارك مداره ويبتعد عنه بستين درجة. ويحدد ديون وزميله رؤوس المثلث المتساوى الساقين الذى يعتبر زحل رأسه الثالث، ويسمى هذا "بالموقع الطروادى" Trojan situation وأول شىء يكتشف أنه يتضمن على كوكب وقمرين. وتشكل الشمس والمشترى ومجموعتين من الكويكبات رؤوس زوج من المثلثات المتجاورة متساوية الأضلاع. ولأن الكويكبات أعطيت لها أسماء أبطال الحرب الطروادية Trojan War فقد اتخذ التشكيل اسمه منها. ويعتبر الفلكى الإيطالى الفرنسى جوزيف لويس لاجرانج Joseph Louis Lagrange (١٧٣٦-١٨١٣) أول من أوضح حوالى سنة ١٧٩٠، وعلى مدى قرن قبل أن تكتشف أية أمثلة أن هذا التشكيل كان ثابتًا تثاقلياً (أى أنه متزن).

وقد وجد أن القمر إنكلاديوس Enceladus أملس تمامًا وأكثر شبهًا بيوربا المشترى، غير أن (فوياجير ١) ، لم تعره نظرة فاحصة .

يعتبر يابتوس Iapetus قمراً غريبًا آخر، بدا من الأرض وكأنه أكثر بريقًا عندما يكون فى أحد جوانب زحل عما يكون فى الجانب الآخر. ولما كان الفلكيون قد افترضوا أنه يواجه دائمًا وجهًا واحداً من زحل، فهذا يعنى أن أحد نصفى الكرة كان مرئيا من أحد وجهى زحل وكان نصف الكرة الآخر مرئيا من الوجه الآخر من زحل. وكانت النتيجة أن يابتوس لسبب أو آخر يعكس الضوء من أحد نصفى الكرة أكثر مما يعكسه

النصف الآخر. وأثبتت (فوياجير ١) صحة هذا الفرض ، ويرى بوضوح أن يابتوس قمر بروجين ، أحد وجهيه يحتمل أن يكون مغطى بالثلج والوجه الآخر صخرى قاحل، لكن لا ندرى السبب فى هذا ؟

ومع ذلك فالبارز فى النظام هو تيتان Titan الذى يعتبر واحداً من أكبر أقمار زحل، ذلك القمر الذى ينافس فى الحجم قمر المشترى جانيميد. وحتى من الأرض، وجد أن لتيتان غلافًا جويًا – وهو القمر الوحيد فى المجموعة الشمسية المعروف بأنه القمر الذى يحتوى على الكثير من الآثار الكبيرة والخفيفة من الغاز. والأكثر من ذلك ، يحتوى غلافه الجوى على غاز معين، هو الميثان.

يتكون الميثان من جزيئات تحتوى على ذرة كربون وأربعة ذرات هيدروجين ويعتبر أبسط الجزيئات العضوية. وكانت هناك تخمينات عن وجود جزيئات أكثر تعقيداً من نفس نوع الميثان على سطح تيتان لدرجة أنه قد يكون عالمًا من محيطات الجازولين والقارات الأسفلتية. وحتى الأكثر إثارة التفكير بأن الحياة قد تنشأ من جزيئات عضوية وأن تيتان قد تتوافر فيه صور الحياة بشكل ما. ويأمل الفلكيون فى أن تجيب (فوياجير ١) عن أسئلة بهذا الخصوص.

وثبت أن لتيتان بالفعل غلافًا جويًا وأكثر كثافة مما كان متوقعًا – فكثافته على الأقل تصل ١,٥ مرة كثافة الأرض. ومع ذلك، فالكثافة الكبيرة نتيجة النتروجين كغاز لا تكتشف بسهولة من الأرض. فقد كان الميثان موجوداً فى صورة شوائب كبرى، ولم يبرد السطح إلى درجة أن تكون للقمر بحيرات من النتروجين السائل إذ ربما يكون الميثان فى صورة محلول. وقد لا تزال صور الحياة موجودة إذا أمكنها البقاء فى درجات حرارة النتروجين السائل. ولسوء الحظ، لم يكن هناك من سبيل لرؤية السطح نظراً لوجود ضباب لا يمكن اختراقه بالغلاف الجوى لتيتان مثل سحب الزهرة، وسوف يتطلب اختراقه موجات دقيقة.

وحتى وقت إعدادى لهذا الكتاب للنشر، لم ترسل السوابر أية معلومات عما يوجد وراء زحل،على الرغم من أن واحداً على الأقل من مجموعة فوياجير قد يكون قد وصل فى النهاية ناحية أورانوس ولا يزال يعمل هناك . ومع ذلك بواسطة الأجهزة الأرضية

استطاع الفلكيون أن يعرفوا أشياء قليلة جديدة عن مجموعة الكواكب البعيدة عن الشمس فى السنوات القليلة الماضية.

فى ١٠ مارس ١٩٧٧، اكتشف الفلكى الأمريكى جيمس ل.إليوت James L. Elliot عندما كان يرصد احتجاب نجم بسبب الكوكب أورانوس ، أن النجم يتلألأ عدة مرات بنمط معين كلما اقترب من أورانوس ، وبعد ذلك يتلألأ بنمط عكسى بدقة بعد أن يبتعد عن أورانوس. وأفضل تفسير لهذا هو أن أورانوس يحيط به عدد من الحلقات الرفيعة من الجسيمات.

وعلى ذلك فهناك ثلاث كواكب لها حلقات: وهى المشترى وزحل وأورانوس، ولن يكون من المدهش حاليا، إذا اتضح أن لكوكب نبتون البعيد حلقات أيضا. وقد تكون الأحجار الكبيرة المتناثرة المحلقة مصاحبة بصورة طبيعية للكواكب الكبيرة مثل عائلة الأقمار. والشىء غير العادى، نتيجة لذلك، هو أن زحل ليس له حلقات، ولكن له مجموعة كبيرة من الحلقات البراقة والضخمة.

فى ١ نوفمبر ١٩٧٧، اكتشف الفلكى الأمريكى شارلس كوال Charles Kowall كويكبًا يقع مداره بين مدار زحل ومدار أورانوس. وقد أطلق عليه اسم شيرون Chiron. وقد ينبئ هذا عن وجود مجموعة كاملة من عائلة الكويكبات فى مجموعة الكواكب البعيدة عن الشمس. وما نسميه "بحزام الكويكبات"، ربما تكون الأقرب فقط ونتيجة لذلك، تكون الأكثر سهولة لاكتشاف العديد منها.

وحتى بلوتو Pluto كان به شىء طريف . فهو يعتبر أكثر الكواكب بعداً، وقد اكتشفه الفلكى الأمريكى كلايد وليام تومباو Clyde William Tombaugh (١٩٠٦-) فى عام ١٩٣٠، وكان يعتقد فى الأصل أنه جرم كبير فى مثل ضخامة الأرض (على الرغم من أنه بأية حال كوكب عملاق مثل الكواكب الخارجية). ومع ذلك، كلما درس بصورة أكثر تفصيلا كان هناك سبب لاعتباره جُرمًا أصغر. ومع كل تقدير، بدت كتلته تأخذ فى الانكماش.

ولبلوتو مدار أكثر بيضاوية عن أى من الكواكب الأخرى فى الوقت الحالى(٦) ، ويكون عند نقطة الرأس perihelion(٧) أقرب تمامًا من الشمس من نبتون لفترة

عشرين سنة. وحاليا يعتبر نبتون قريباً من نقطة الرأس ومن الأسهل رؤيته من سطح الأرض عما سيكون طوال القرن الحادى والعشرين والقرن الثانى والعشرين.

فى ٢٢ يونيو ١٩٧٨، استطاع الفلكى الأمريكى جيمس و. كريستى James W. Christy أن يوضح أن لبلوتو قمراً فى مثل حجمه تقريباً. وقد أطلق عليه شارون Chron.

ومن المسافة بين بلوتو وقمره، ومن فترة دوران القمر أمكن فى النهاية استنتاج كتلته . وقد اتضح أن هذه الكتلة لا تزيد عن ١/٨ من كتلة قمرنا، حيث أن بلوتو أكثر صغراً مما كان يعتقد أى شخص. ويصل قطر بلوتو ٣٠٠٠ كيلومتر، وقطر شارون حوالى ١٢٠٠ كيلومتر. وهذان العالمَان لا يكبران عن أقمار متوسطة الحجم.

أوضحت اكتشافات العقد الأخير، إذن، سواء من خلال السوابر أو غير ذلك أن بمجموعة الكواكب البعيدة عن الشمس أكثر مما كنا نتوقع، وسوف توليها الاستكشافات المستمرة المزيد من الاهتمام.

ومع ذلك هل سيتحتم علينا أن ننجز هذا الاستكشاف بواسطة سوابر أكثر تعقيداً؟ أو هل من المتصور أنه فى يوم ما سيخترق البشر بأنفسهم مجموعة الكواكب البعيدة عن الشمس ؟

وأيضا إذا اعتبرنا أن هذه الاستكشافات ستبدأ من الأرض، فلا يبدو من المحتمل ذلك، فقد تستغرق السوابر الفضائية ثمانية عشر شهراً لاجتياز المسافة من الأرض إلى المشترى، وعشرين شهراً أخرى للوصول إلى زحل. ومن الواضح أن رحلة استكشافية انكفائية حتى إلى العوالم الأقرب من مجموعة الكواكب البعيدة عن الشمس ستأخذ الجزء الأكبر من العقد(عشر سنوات).

ومع ذلك، بمجرد أن يصبح حزام الكويكبات من مناطق السيادة البشرية، ويحتوى على العديد من المستوطنات المأهولة ، ستصبح المشكلة أقل حدة. وقد تكون بعض المستوطنات أحياناً قريبة من المشترى ويمكن منها القيام برحلة إلى زحل. وقد توجد كويكبات وراء المشترى (على غرار شيرون) إذا ما أقيمت قواعد هناك، أو فوق الأقمار الأبعد لزحل، وقد يمكن المغامرة بالقيام برحلات لما وراء زحل.

ويقينا، لا يحتمل أن يغامر البشر باختراق الغلاف الجوى لمجموعة الكواكب الأربعة البعيدة عن الشمس بأنفسهم فى المستقبل القريب. والأكثر من ذلك، فإن العوالم الأكثر إثارة للاهتمام فى مجموعة الكواكب البعيدة عن الشمس بخلاف الكواكب العملاقة ذاتها - الأقمار الأربعة الكبيرة للمشترى - قد لا يسهل الوصول إليها بدون تطورات تكنولوجية غير منظورة حتى الآن. تحلق هذه الأقمار داخل المجال المغنطيسى للمشترى، وستكون شدة الإشعاع فيها مهلكة لمجموعات سفن الفضاء بوضعها الإنشائى الحالى.

وعلى الرغم من ذلك، فهناك على الأقل ثمانية أقمار صغيرة للمشترى تحلّق حوله خارج مجاله المغنطيسى، ويمكن وضع المراصد فوقها لدراسة المشترى والأقمار الداخلية إلى أن يتعلم البشر أسلوباً للوصول إليه بشكل أقرب.

المذنبات

إن كانت كواكب المجموعة الشمسية كلها ستقع فى النهاية فى نطاق الأفق البشرى، فلن نكون بالضرورة قد انتهينا منها(ما زلنا خلالها) .

والكوكب الأكثر بُعداً الذى نعرفه هو بلوتو. وفى تلك اللحظة، كما قلت من قبل، يعتبر بلوتو قريباً من نقطة رأسه **perihelion**، وهو أقرب إلى الشمس من نبتون. ومع ذلك، فسوف يتراجع بلوتو بعد ذلك على مدى القرن وربع القادمين، إذ يصل إلى أبعد نقطة من الشمس، ونقطة ذنبه **aphelion**[٨] حوالى ٢١١٤ . وسوف يبعد حينئذ حوالى ٧,٣٥٠,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر من الشمس، أو ١,٦ مرة مثل بُعد نبتون عن الشمس .

- لكن هل يوجد أى جرم نعرفه فى المجموعة الشمسية له مدار يطوف به وراء بلوتو ؟

نعم! هناك أجرام نراها أحيانا لها مدارات متطاولة بحيث أنها بالرغم من قربها من الشمس عند نقطة الرأس ، إلا أنها تتحرك بعيداً وراء مسافة بلوتو من الشمس عند نقطة الذنب. وتلك الأجرام هى ما نسميها المذنبات **comets**[٩].

وصحيح ، فإن بعض المذنبات التى نراها قد حجزها جذب جاذبية الكواكب (وخاصة جاذبية المشترى) بحيث أنها حتى عند نقطة الذنب فإنها تعتبر أقرب إلى الشمس من بلوتو.

ومع ذلك فإن مذنبات أخرى تقع عند أحد أطراف مداراتها داخل النظام الكوكبى تكون فى الطرف الآخر على بعد ١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ (١٠ ١٢) كيلومتر أو أكثر من الشمس. ويمكننا تصور أن أجهزة موضوعة على مذنب كهذا عندما يكون قريباً سوف تُحَمل بعيداً خارج الفضاء الواقع بين كوكب بلوتو ، وسوف تسجل حالات من الفضاء البعيد لمليون سنة أو أكثر تنقضى قبل أن يدخل المذنب مرة أخرى النظام الكوكبى – على فرض، بالطبع، بقاء الأجهزة تسجل وتنقل تلك الفترة الزمنية، وأن يظل الجنس البشرى نفسه باقياً حتى هذه الفترة الزمنية البعيدة.

وبالطبع، قد يكون هناك العديد من المذنبات التى لن تدخل النظام الكوكبى، ولكن خلال تاريخ المجموعة الشمسية البالغ ٤,٦٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة، ظلت تحلق حول الشمس دون أن تُرى ولا يزال لا يمكن رؤيتها بسبب بُعدها الشاسع.

يعتقد الفلكيون أنه قد يوجد ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ (١٠ ١١) مذنباً يدور فى تلك المدارات البعيدة جداً، وهى مدارات شاسعة البعد تصل فى حدود تريليون كيلومتر من الشمس.

وتصل إلينا هذه المذنبات المحبة للمغامرة التى تزورنا فى مجموعة الكواكب القريبة من الشمس ، لأن مداراتها كانت تضطرب أثناء الاصطدام ببعضها البعض أو بتأثير جاذبية النجوم القريبة من الشمس. وهذا يحدث بصورة نادرة، فطوال تاريخ المجموعة الشمسية المديد كانت سحابة المذنب البعيد تستنزف ما لا يزيد عن سدس محتواه الأصلى على الأكثر.

تصبح المذنبات التى تصل إلى مجموعة الكواكب القريبة من الشمس مناظر رائعة، عندما تعمل حرارة الشمس على تسخين تركيبها المتجمد وينطلق منها ضباب البخار والغبار، والتى بعد ذلك تمدها الرياح الشمسية[١٠] **solar winds** للخارج فى صورة أذيال طويلة – وهى (الرياح الشمسية) تيار من الجسيمات دون الذرية

المشحونة كهربيًا ينقذف بشكل دائم من الشمس فى جميع الاتجاهات. ويحدث تأثير الحرارة والرياح الشمسية تآكلاً فى المذنب ويستنزف مكوناته الطيارة ويترك بقية لا تمثل مكوناته الأصلية. ومع ذلك فالتكوين الأصلى للمذنب قد يكون تقريبًا البقية الثابتة من سديم من الغبار والغاز الذى تكونت منه المجموعة الشمسية. وقد يبدو من المفيد نتيجة لذلك دراسة المذنبات البعيدة للحصول على معلومات عن بدايات المجموعة الشمسية.

بيد أن هذا لا يعنى أننا نريد أن نسافر تريليون الكيلومترات بعد بلوتو لكى نقوم بتلك الدراسة، فقد تكون هناك مذنبات داخل مجموعة الكواكب لكن مداراتها لها نقاط رأس تقع وراء مدار زحل. وقد لا تُرى أبداً من الأرض، لكنه يمكن تحديدها ودراستها لو كنا سنستكشف مجموعة الكواكب البعيدة عن الشمس. وفى أفضل الأحوال، فإن هذه المذنبات البعيدة عن الشمس لا تسخن بدرجة كبيرة وسوف تستمر على تركيبها الذى كانت عليه منذ زمن تكونها.

وربما يقرر الناس عدم جدوى المغامرة بالسفر تريليونات الكيلومترات أبعد من بلوتو لمجرد اكتشاف أمثلة أخرى من المذنبات المشابهة لما يمكن أن يوجد فى نطاق الكواكب البعيدة عن الشمس .

إذن، إذا كان لا يوجد شىء بشكل دائم وراء بلوتو سوى عدد ضخم من المذنبات، فالقاعدة هى "إذا نظرت إلى واحد منها فسوف ترى الكل!" ربما تكف البشرية عن المغامرة إلى مناطق أبعد، وربما يكون بلوتو هو الحد الأقصى لأفق البشرية.

الهوامش

(١) مذنّب هالى: يدور حول الشمس مرة كل ٦٧ سنة (تقريبًا) وسيكون ظهوره المقبل عام ٢٠١٦ . (المترجم)

(٢) الرحلة الانكفائية: رحلة يقام بها إلى مكان ما ثم الرجوع إلى نقطة الانطلاق عبر الطريق نفسها. (المترجم)

(٣) مارس ١ ومارس٢: سلسلة سوابر سوفيتية أرسلت إلى المريخ. (المترجم)

(٤) حزام الكويكبات: جزء من المجموعة الشمسية بين مدارى المريخ والمشترى، تقع فيه معظم الكويكبات. ويبعد حزام الكويكبات حوالى من ٢ إلى ٣,٥ وحدة فلكية (وهى متوسط المسافة من الأرض إلى الشمس) عن الشمس. وتطوف الكويكبات فى حزام الكويكبات حول الشمس مرة كل ٣إلى ٦ سنوات. قاموس الفلك المصور.

(٥) فاصل كسينى: فجوة عرضها حوالى ثلاثة آلاف كيلومتر بين حلقتى زحل أ و ب. (المترجم)

(٦) عندما تظهر المجموعة الشمسية على مخطط مسطح،يبدو أن مدارى نبتون وبلوتو يتقاطعان، غير أن الواقع أن المدارين يميلان على أحدهما الآخر، وبلوتو أكثر بُعداً عن نبتون فى البعد الثالث عند نقاط التقاطع. (المؤلف)

(٧) نقطة الرأس: النقطة الأقرب إلى الشمس فى فلك سيار أو مُذَنَّب. (المترجم)

(٨) نقطة الذنب: النقطة الأبعد فى فلك السيار عن الشمس. (المترجم)

(٩) المذنب: جرم سديمى فى مدار إهليلجى طويل حول الشمس. (المترجم)

(١٠) ريح شمسية: تيارات من الجسيمات الذرية المندفعة بعيداً عن الشمس فى كافة الاتجاهات. (المترجم)

الفصل الثانى عشر

النجوم

تباعد النجوم

لو تصادف أن كان أفق الإنسان مقصوراً على المجموعة الشمسية لكان أفقًا محدوداً حقًا، لأن هناك الكثير بعد كوكب بلوتو، وحتى بعد المذنبات، فخارج المجموعة الشمسية يمتد كون شاسع من النجوم .

والآن تمد البشرية ذراعيها إلى هذه النجوم؛ فبايونير ١٠، أول سوابر المشترى تتجه خارج مجموعة الكواكب كلها. وأثناء إعداد هذا الكتاب وصلت بايونير ١٠ إلى منطقة مدار أورانوس ، وخلال الثلاث سنوات القادمة سوف تعبر مدار نبتون وتتجه نحو الخارج إلى وجهة غير محددة.

وتحمل بايونير ١٠ المتجهة إلى المجهول رسالة من الأرض محفورة على لوح من الألومنيوم مغطى بالذهب مقاسه ١٥×٢٢ سم. وقد قام بتصميم الرسالة كارل ساجان **Carl Sagan** وفرانك د. دراك **Frank D. Darke** (١٩٣٠-) ورسمتها ليندا ساجان **Linda Sagan**.

والملفت للنظر فى هذه الرسالة هو المظهر الخارجى لرجل وامرأة عاريين، يظهر فيهما اختلاف الجنس، وبذلك تقدم الرسالة بعض المعلومات البسيطة عن نوع المخلوقات التى صنعت بايونير ١٠ وأرسلتها فى هذا الاتجاه. وفى اللوح يرفع الرجل يده كإشارة تعبر عن الصداقة والسلام. وإن لم يكن كذلك، فيبين على الأقل وجود أربعة أصابع وإبهام باليد.

ويوجد وراء الرجل والمرأة رسم تخطيطى لبايونير ١٠ بمقياس رسم مصغر. فإذا ما اكتشفتها مخلوقات عاقلة فى يوم من الأيام وقاسوا أبعادها فسوف يعرفون المقاس الحقيقى للإنسان أيضا.

وتوجد فى أسفل اللوح دوائر تمثل الشمس والكواكب التسعة، وتوضح أحجامها النسبية والحلقات الموجودة حول زحل مع خط يحدد مسار بايونير ١٠ بين الكواكب. وسوف يكون هذا كافياً لتمييز المجموعة الشمسية بأنها الموقع الذى أرسل السابر.

وهناك رموز أخرى يحتويها اللوح تعبِّر عن موقع الشمس فى المجرة وتعطى فكرة عن التقدم العلمى الذى وصل إليه البشر.

وتحمل بايونير ١١ التى ستغادر أيضًا المجموعة الشمسية نسخة طبق الأصل من اللوح.

أما فيما يتعلق بسوابر فوياجير، فلن تكون مشاهدة فقط بل مسموعة أيضا، فبالإضافة إلى الصور التى تحملها التى تمثل مناظر عن الأرض فإنها تحمل أيضا تسجيلا يمثل الأصوات.

ومن غير المحتمل أن تجد هذه الرسائل الصغيرة السيارة أية مخلوقات عاقلة فى غياهب الفضاء - وإذا ما حدث وأن وجدها أحد، فمن المؤكد أن يكتشفها بعد عدة ملايين من السنين من الآن. وعلى الرغم من ذلك، يبدو من طبع البشر أنهم يرغبون فى الإعلان عن وجودهم وإنجازاتهم إذا ما حدث ذلك وربما يكون فخرًا وعجباً له ما يبرره إلى حد ما.

لكن لماذا يرغب الناس فى إرسال رسائل خارج المجموعة الشمسية؟ ماذا يوجد هناك؟

الفكرة ذاتها بوجود أى شىء فى الفضاء بأية حال فكرة حديثة نسبيًا، فطوال العصور القديمة والوسطى كان ينظر إلى النجوم كما لو كانت شعلات مضيئة مرتبطة بنصف كرة السماء المظلمة الصلبة، التى تدور حول الأرض، ولا تبعد عن قمم الجبال العالية بما لا يزيد عن عدة أميال، وكانت السماء الحد الصلب للأرض مجرد شىء إضافى وليس كونًا.

وحتى بعد أن حدد كسيني[1] Cassini أبعاد المجموعة الشمسية سنة ١٦٧٢، وعرف أن زحل (الذى كان فى ذلك الوقت أبعد الكواكب المعروفة) يبعد عن الشمس ١,٤٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر، وأن النجوم لابد وأنها توجد على مسافات أبعد، فلم توضح هذه المعلومات مدى اتساع الكون، وكان لا يزال من الممكن اعتبار النجوم وكأنها مرسومة على سماء صلبة لا تبتعد كثيراً من زحل. وأصبحت السماء حداً للمجموعة الشمسية، لكنها لا تزال ليست كوناً.

وأحد الأشخاص والذى كانت له وجهة نظر مخالفة لوجهة نظر كسيني كان يعيش قبل كسيني بأكثر من قرنين من الزمان. فقد كان هو العالم الألمانى نيقولا كوزا Nicholas of Cusa (١٤٠١-١٤٦٤)، الذى أكّد فى كتاب نشره عام ١٤٤٠ على أن الفضاء لا متناه، وأن النجوم هى الشموس المنتشرة بأعداد لا متناهية فى هذا الفضاء. وأكد على أن هذه النجوم الأخرى تحيط بها مجموعات من الكواكب ولذا توجد أعداد لا نهائية من العوالم المأهولة تعيش على سطح هذه الكواكب.

لم يكن لدى نيقولا كوزا دليل على هذه الأفكار لكنه ظل متمسكًا بها كأحد أفكاره الخاصّة وشعر بأنها معقولة. ولا بد أن بدت هذه الأفكار فى ذلك الوقت أفكارا شاذة، ولابد أن سخر منها العديد من العلماء. ومع ذلك يبدو أن مهنة نيقولا لم تتعرض للأذى لأنه شغل وظيفة كاردينال فى سنة ١٤٤٨، وعاش ومات فى سلام.

وقد تبنى أفكاره العالم الإيطالى جيوردانو برنو Giordano Bruno (١٥٤٨-١٦٠٠) بعد قرن ونصف، لكن الإصلاح الدينى البروتستانتى حدث فى تلك الفترة. والأكثر من ذلك، نشر كوبرنيكوس Copernicus كتابه الذى وضع فيه الشمس فى مركز مجموعة الكواكب، وشعرت الكنيسة الكاثوليكية أنها تحارب من أجل بقائها ضد العصيان الدينى والعلمى. ولم تتسامح الكنيسة مع ما بدا أنه آراء شاذة، وأُعدم برونو إحراقًا بالنار.

ومع ذلك، ففى زمن برونو لم تكن هناك دلالة إيجابية على صحة الأبعاد العظيمة للنجوم.

وعندما أعلن كوبرنيكوس عن نظريته، كان هناك من أشاروا إلى أنه لو كانت الأرض تتحرك فى الفضاء بالفعل وتدور حول الشمس، إذن فسوف يرى الفلكيون

النجوم من مناطق مختلفة اختلافًا جوهريًا فى الفضاء، ويعتمد ذلك على ما إذا كانت الأرض فى أحد أطراف مدارها حول الشمس أو فى الطرف الآخر. وسوف ينشأ عن هذا التغير فى الوضع "اختلاف منظر" Parallax[٢] النجوم (إذا كان فرض كوزا صحيحا). ويبدو أن تلك النجوم التى كانت أقرب ستغير موضعها الظاهرى فى السماء بالنسبة للنجوم التى كانت أبعد، عندما تتحرك الأرض فى مدارها.

وكانت هذه نقطة جيدة وكافية فى حد ذاتها لتوضح أنه إما كوبرنيكوس أو نيقولا كان مخطئا (أو كلاهما فى هذا الشأن) إن لم يكن هناك طريقة لتوضيح سبب عدم اختلاف المنظر parallax.

وقد كانت هناك طريقة. رأى كوبرنيكوس الطريقة واستخدمها، فقد أشار إلى أن اختلاف المنظر يصبح أكثر ضآلةً كلما زادت المسافة ، ويجب أن تكون النجوم بعيدة عن الأرض بحيث إن التغير الكلى فى وضع حتى أقربها يكون تغيراً طفيفًا عندما يتحرك كوكبنا فى مداره. باختصار، كان هناك اختلاف منظر بين النجوم، لكنه نظراً لأبعادها الشاسعة فقد كان اختلاف المنظر ضئيلاً بالدرجة التى يصعب معها تقديره.

وبدت هذه الفكرة من السخافة لرجل متمسك بالتقاليد مثل فكرة حركة الأرض حول الشمس، ولكن عندما تزايدت أهمية نظرية كوبرنيكوس فقد بدا استنتاج تباعد النجوم استنتاجًا أكثر قبولاً.

ورجع الفلكى الإنجليزى إدموند هالى Edmund Halley (١٦٥٦-١٧٤٢) إلى أفكار نيقولا كوزا حوالى سنة ١٧١٨، من أجل إجراء أول تقدير علمى لبعد النجوم. افترض أن النجوم كانت بالفعل شموسًا، وافترض أن ضوءها الضئيل بالنسبة إلى ضوء شمسنا يرجع إلى أبعادها الشاسعة. واعتبر الشعرى اليمانية Sirius، ألمع نجم فى السماء. افترض أنها بالفعل جرمًا مثل الشمس فى حجمها وبريقها. كم تبعد الشعرى اليمانية التى لا يزيد إشعاع بريقها الظاهرى فى السماء عن بريق نجم صغير؟

قَدَّر هالى بُعد الشعرى اليمانية عن الأرض، ١٢٥,٠٠٠ مرة بعد الشمس عن الأرض. وباستخدام القيمة الحديثة لبعد الشمس عن الأرض (بدلا من القيمة المنخفضة

نوعا التى كانت لدى هالى) فسوف يعنى هذا أن الشعرى اليمانية تبعد عنا بمسافة ١٩,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠(أو ١,٩ ×١٠ ^١٣^) كيلومتر.

وهذه مسافة - ١٩ تريليون كيلومتر - ضخمة ولا يمكن استيعابها بسهولة، ويمكن التعبير عنها بواسطة سرعة الضوء.

وقد قام الفلكى الهولندى أولاس رومر Olaus Romer (١٦٤٤-١٧١٠) بأول إجراء لتحديد سرعة الضوء فى سنة ١٦٧٦ . وقد استخدم لهذا الغرض طريقة تأخر كسوف أقمار المشترى كلما ابتعدت الأرض عن المشترى (عندما يتحرك كل من هذه الأقمار فى مداره)، وتقدم الكسوف كلما اقتربت الأرض من المشترى. وكانت القيمة التى حصل عليها لا تزيد عن ثلاثة أرباع القيمة المقبولة حاليا، لكنها كانت رائعة لكونها أول محاولة. وقيمة سرعة الضوء المقبولة حاليا هى ٢٩٩٧٩٢,٥ كيلومترا فى الثانية.

وتعتبر هذه السرعة بالمقاييس الأرضية سرعة هائلة، ففى سنة واحدة عندما ينتقل الضوء خلال خواء الفضاء الخارجى بهذه السرعة يقطع مسافة ٩٤٦٠٥٦٣٦١٤٠٠٠ كيلومتر(أو حوالى ٩,٤٦ ×١٠ ^١٢^) كيلومتر، وتسمى المسافة التى يقطعها الضوء فى سنة بالسنة الضوئية light- year.

ويمكن الحصول على فكرة عن مقدار سنة ضوئية إذا فهمنا أن قطر مدار بلوتو، أكثر الكواكب بُعداً يزيد قليلاً عن جزء من ألف جزء من السنة الضوئية.

ومع ذلك فقد قدر هالى بُعد الشعرى اليمانية عنا بمسافة سنتين ضوئيتين.

وبالطبع، فقد اعتمد تقدير هالى على كون الشعرى اليمانية ساطعة مثل سطوع الشمس، والتى قد لا تكون كذلك، لذا فإن تقديره يجب أن يؤخذ بحرص شديد. وللحصول على تقدير أكثر وثوقًا للمسافة، فعلى المرء أن يقيس اختلاف المنظر الفعلى لنجم، وكان اختلاف المنظر هذا اختلافا ضئيلا جدا لأن يقاس بالتليسكوبات الموجودة فى زمن هالى.

ولم يكتمل العمل حتى ١٨٣٨، عندما أعلن الفلكى الألمانى فردريش ويليام بيسيل Friedrich Wilhelm Bessel (١٧٨٤-١٨٤٦) عن تحديد اختلاف منظر النجم

المعتم الدجاجة Cygni ٦١ . وبعد ذلك في الحال أعلن الفلكي الأسكتلندي توماس هندرسون Thomas Henderson (١٧٨٤-١٨٤٤) عن تحديد اختلاف منظر النجم اللامع رجل الجبار[٣] Alpha Centauri، وأعلن الفلكي الألماني الروسي فردريش فون ستروف Friedrich von Struve (١٧٩٣-١٨٦٤) عن اختلاف المنظر للنجم اللامع النسر الواقع Vega[٤].

واتضح أن رجل الجبار (هو بالفعل نظام يتكون من ثلاثة نجوم) كان قريبًا منا عن أي نجم آخر في السماء، ومع ذلك كان يبعد ٤,٣ سنة ضوئية. والنجم الدجاجة ٦١ ، يبعد حوالي ١١,٢ سنة ضوئية، والنسر الواقع يبعد مسافة ٢٧ سنة ضوئية. واتضح أن الشعرى اليمانية تقدر إضاءتها بحوالي ٢٣ مرة إضاءة الشمس ، ونتيجة لذلك تكون أكثر بُعداً عما فكر هالي أنها معتمة كما هي. وتبعد الشعرى اليمانية ٨,١٦ سنة ضوئية.

افترض حينئذ أننا طورنا من قدرات سفن الفضاء إلى درجة أننا نستطيع أن نسافر عبر المجموعة الشمسية دون صعوبة تذكر، وتعلمنا القيام برحلات تصل إلى ٩,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر في بضع سنوات على الأكثر بخطوط سفر فضائية مريحة. فمثل هذه المسافة مع ذلك لا تزيد عن ١/٤٥٠٠ من بُعد رجل الجبار أقرب النجوم. وإذا أمكننا عبور مدار نبتون من طرفه إلى طرفه الآخر في غضون سنتين، فهذه السرعة المتوسطة لن تسمح لنا بأن نصل إلى أقرب نجم في ما لا يقل عن ٩٠٠٠ سنة ضوئية.

ومن المصادفة، أن يكون بالسماء العديد من النجوم المرئية التي تبعد مئات السنوات الضوئية، وحتى هذه النجوم تعتبر جيراننا. والشمس وكل النجوم في السماء التي نراها بدون الاستعانة بتليسكوب هي جزء من بنية ضخمة على هيئة دولاب تسمى "مجرة" galaxy، ويصل طول هذه المجرة ١٠٠٠٠٠ سنة ضوئية. وهناك مجرات أخرى أيضا، يحتوي كل منها على ما يقرب من بليون إلى تريليون نجم، وتبعد ملايين السنوات الضوئية وربما بلايين السنوات الضوئية.

حاجز الضوء

يبدو من غير المفيد التحدث عن النجوم البعيدة بدرجة تفوق التصور، عندما يبدو أنه يصعب الوصول حتى إلى أقرب النجوم إلينا، ومع ذلك فهناك رغبة قوية فى معرفة هذه الأجرام البعيدة.

تعلم الفلكيون فى السنوات الأخيرة الشيء الكثير عن الكون الذى لم يعرفوه من قبل بفضل التليسكوبات الراديوية radio telescopes والأقمار الصناعية التى يمكنها التقاط أشعة، مثل الأشعة السينية(٥) X rays، التى يمتصها غلافنا الجوى ونتيجة لذلك يستحيل رصدها من سطح الأرض.

ونحن نعرف أجرامًا مثل أشباه النجوم (كوازار) quasars والنباضات الإشعاعية (بلازار) pulsars والثقوب السوداء black holes والمجرات المتفجرة التى لم يسمع عنها أحد منذ ربع قرن مضى، ويرغب العديد من الناس فى معرفة الكثير عنها. وقد يكون من بالغ الخطورة الاقتراب من هذه الأجرام بالطبع، لكننا يمكن أن نقترب منها أكثر قليلاً من موقعنا الحالى دون أن نتجشم أية مخاطر.

ثم أيضا، هل للنجوم الأخرى نظم كوكبية؟ هل هناك كواكب مثل الأرض يمكن الاستيطان فوق سطحها – أو يمكن العيش فوقها دون الحاجة إلى عون من كوكب آخر؟ لم نجد حياة فى مجموعتنا الشمسية، فيما عدا الأرض وقد لا تصلح للحياة فى المستقبل، لكن مجموعتنا الشمسية ليست سوى واحدة من تريليونات لا تحصى من مجموعات الكواكب، ربما، فلماذا لا يجب أن تكون هناك حياة فى أماكن أخرى ؟ ولماذا لا يوجد ذكاء، أيضًا، بل ولماذا لا توجد حتى حضارات أخرى ؟!

ولكن على الرغم من أن الفضول قد يتأجج بداخلنا، إلا أن تلك الفروق الشاسعة لاتزال تحبط من عزيمتنا.

إحدى الأفكار الأولى المفعمة بالأمل هى أن الأبعاد تتكمش كلما تقدمت التكنولوجيا، فقد احتاجت سفينة مجلان الوحيدة الباقية ثلاث سنوات لكى تبحر حول العالم، واحتاج رواد الفضاء ثلاثة أيام للسفر من الأرض إلى القمر وهى المسافة التى تبلغ

٩,٥ مرة محيط الأرض. وكانت السرعة المتوسطة لأول رحلة رائد فضاء لهذا السبب أكبر ٣٥٠٠ مرة من سرعة أول رحلة بحرية. هل يمكننا من خلال التقدم التكنولوجى مضاعفة سرعة السفن الفضائية الأرضية أكبر ٣٥٠٠ مرة من سرعة برنامج أبوللو؟

ويعنى الوصول إلى القمر فى ثلاثة أيام أن متوسط السرعة نحو القمر حوالى ١,٥ كيلومتر فى الثانية. ويمكننا بزيادة هذا المعدل ٣٥٠٠ مرة أن نتخيل أنفسنا نسافر بمعدل متوسط ٥٢٥٠ كيلومتراً فى الثانية. وعند هذا المعدل، فلا نزال نحتاج مائتين وخمسين سنة للوصول إلى رجل الجبار ، وهو أقرب النجوم.

حسنا، إذا زدنا السرعة حينئذ بمعامل ٣٥٠٠، فسوف ننتقل بسرعة تزيد قليلاً عن ١٨,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر فى الثانية، وسوف نحتاج إلى أربعة أسابيع فقط للوصول إلى رجل الجبار.

ولسوء الحظ، فهذه السرعة ليست بالسهولة التى يمكن بها كتابة الرقم. وفى سنة ١٩٠٥، تقدم الفيزيائى الألمانى السويسرى ألبرت آينشتين[٦] Albert Einstein (١٨٧٩-١٩٥٥) بنظريته الخاصة عن النسبية، التى تنص على أنه يستحيل على أى شىء أن ينتقل فى خواء بسرعة أكبر من سرعة الضوء . وقد تم اختبار النظرية الخاصة مرات عديدة خلال العقود الثمانية منذ أن تقدم بها بطرق عديدة وثبت أنها راسخة وصارمة، ولم يتوقع أى فيزيائى أن يرى أن هناك شيئًا يفوق سرعة الضوء.

وإذا كان الأمر كذلك، فهذا يعنى أن أسرع المركبات الفضائية لن تستطيع أن تسافر بسرعة ٢٩٩٧٩٢,٥ كيلومتر فى الثانية، وعند هذا المعدل ، سوف يتطلب الوصول إلى أقرب النجوم ٤,٣ سنة و ٣٠٠٠٠ سنة للوصول إلى مركز المجرة، و٣٠٠٠٠٠ سنة للطواف حولها، و ٢,٣٠٠,٠٠٠ سنة للوصول إلى مجرة المرأة المسلسلة Andromeda galaxy[٧]، و ١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة للوصول إلى أقرب أشباه النجوم، و ١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة للوصول إلى أبعد أشباه النجوم التى اكتشفناها، وربما ٤٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة للطواف حول الكون.

وباختصار، سرعة الضوء التى تعتبر سرعة كبيرة بالمقاييس الأرضية،هى سرعة بطيئة جداً بمقاييس الكون ككل، ونحن مذنبون إذا ما كانت سرعتنا بهذا البطء أو لأننا لا نزال أكثر بطئا . فأى شىء سوى بضعة نجوم مجاورة لنا هو فى الحقيقة أمر بعيد المنال، حتى لو كنا مستعدين لقضاء طيلة عمرنا فى السفر.

ولكن هل نحن متأكدون ؟ بعض الناس الذين لا يفهمون بالفعل الفيزياء يشعرون أن هناك طريقة ما لاختراق حاجز الضوء إذا ما استطعنا استخدام دفع صاروخى بدرجة كافية.

ولسوء الحظ فالأمر ليس كذلك، فالتسارع يزيد من طاقة الحركة، أو الطاقة الحركية[٨] kinetic energy، غير أن الطاقة تشتمل على عاملين هما: السرعة والكتلة. فعند السرعات المنخفضة تتحول كل الزيادة تقريبا فى الطاقة إلى سرعة، بحيث يتزايد الجسم فى السرعة بدرجة أكبر وأكبر، بينما لا تزداد الكتلة إلا بمقدار ضئيل . ومع ذلك فكلما ازدادت السرعة يتحول الأقل فالأقل من الزيادة فى الطاقة الحركية إلى سرعة، ويتحول المزيد والمزيد إلى الكتلة. وعندما نقترب من سرعة الضوء، تتحول كل الزيادة تقريباً فى الطاقة الحركية إلى الكتلة، بحيث تصبح الكتلة أكبر وأكبر بينما السرعة لا تكاد تتغير. وبزيادة قوة المحرك الصاروخى والاستمرار فى هذا بأقصى استمرارية ، سوف لا يزيد إلا من تضخم الكتلة بدرجة أكبر وأكبر نحو اللانهائى دون أن تؤثر هذه الزيادة على السرعة بالدرجة التى تجعلها تتخطى سرعة حاجز الضوء.

وقد يصدمك ألا تكون هذه الطريقة هى التى يجب أن يكون عليها الكون، لكنها بالفعل كذلك !

وصحيح ، إن نظرية النسبية الخاصة[٩] تطبق على الأشياء التى نعرفها. والأشياء التى لها كتلة مثلنا ومثل سفن الفضاء يمكن أن تنتقل بأية سرعة (نظريا) من الصفر إلى سرعة الضوء. والأشياء التى ليست لها كتلة مثل موجات الضوء يمكن أن تنتقل فى خواء فقط بسرعة الضوء،لا أسرع ولا أبطأ منها.

ولكن ماذا عن الأشياء التى لها قدر من الكتلة التى يطلق عليها الرياضيون "الأعداد التخيلية imaginary numbers"؟ فإذا أدخلت هذه الأعداد فى معادلات

أينشتين، فسيبدو أن أى جسم له هذه الكتلة يجب أن يتحرك دائمًا بصورة أكبر من سرعة الضوء حيث يمكنه أن ينتقل بأية سرعة بدءًا من سرعة الضوء إلى سرعة لا نهائية ولكن لا تكون أبدا أقل من سرعة الضوء.

وقد افترض الفيزيائيون أو.م.ب.بلانويك O.M.P. Bilaniuk وف.ك. ديشباند V.K. Deshpande وإى.سى.جى سادرشان E.C.G. Sudarshan وجود هذه الجسيمات الأسرع من الضوء لأول مرة فى سنة ١٩٦٢ .. وبعد بضع سنوات ابتكر الفيزيائى الأمريكى جيرالد فينبرج Gerald Feinberg (١٩٣٣–) كلمة "تاكيون"[١٠] (tachyon من كلمة يونانية بمعنى "سريع") للجسيمات.

افترض، إذن، أن الجسيمات العادية تحول كل منها إلى بعض التاكيونات المناظرة، فسوف تنتقل التاكيونات لحظيا بسرعة هائلة ، ولو عادت هذه التاكيونات إلى جسيمات عادية فى وقت ما، فإنه يمكن قطع مسافات شاسعة فى غضون أيام أو حتى ثوانٍ.

ولسوء الحظ، لم يستطع أحد حتى الآن اكتشاف التاكيونات، وجادل العديد من الفيزيائيين بأنها لا يمكن أن توجد حتى من الناحية النظرية. وإذا أمكن أن توجد، فإن استخدام "السواقة التاكيونية" tachonic drive – التى تحوّل الجسيمات العادية إلى تاكيونات، والتحكم فى الطيران التاكيونى وإعادة تحويل التاكيونات إلى جسيمات عادية – سوف تؤدى جميعها إلى صعوبات جمة . ولا يمكننا أن نثق فى أننا سنتغلب على هذه الصعوبات فى المستقبل القريب.

وطريقة أخرى لتناول مشكلة حاجز الضوء هى افتراض أن حاجز الضوء لا يطبق إلا على ظروف كنا نستطيع اختبارها وفحصها . وفى ظل ظروف أبعد من أى شىء يمكن اختباره، فقد يدمر حاجز الضوء .

وهناك على سبيل المثال، الثقوب السوداء[١١] black holes التى تنضغط فيها المادة إلى أقصى درجة بحيث تصل الكثافة وشدة الجاذبية إلى ما لانهاية. وفى ظل تلك الظروف، هل ستظل النظرية الخاصة صحيحة ؟

افترض بعض الفلكيين بالفعل أن الأشياء التى تمر داخل ثقب أسود قد تخرج من الجزء البعيد من الكون فى زمن وجيز جداً. وفى تلك الحالة، فقد نعتبر أن كل ثقب من الثقوب السوداء محطة بداية/نهاية "خط نفق كونى" معين cosmic subway line. وإذا رسمنا خريطة لكل ثقب أسود وحددنا موقع نهايته الأخرى ففى استطاعتنا الذهاب من مكان ما فى الكون إلى مكان آخر من خلال اختيار الثقوب السوداء المناسبة، ولن نكون مقيدين بحاجز الضوء إلا عند الانتقال من مخرج أحد الثقوب السوداء إلى مدخل الثقب الآخر.

ولكن من جهة أخرى، لا يتفق كل الفيزيائيين مع فكرة الثقوب السوداء هذه. وحتى لو كانت الثقوب السوداء بالفعل أنفاقًا، فإن مسألة إيجادها ورسم خريطة لها واكتشافها بحيث تكون قريبة أحدها من الآخر للأغراض العملية، ووجدت طريقة لدخول شخص دون أن تمزقه قوى المد والجزر، فسوف تنشأ صعوبات ضخمة من جميع الوجوه مثل الصعوبات الموجودة فى السواقة التاكيونية.

وأيضا، لا يمكننا التنبؤ بثقة فى استخدام الثقوب السوداء للانتقال بين النجوم فى المستقبل القريب.

إذن يجب أن نقبل بوجود وبمناعة حاجز الضوء.

تحت حاجز الضوء

حاجز الضوء إلى حد ما ليس سيئًا كما يبدو. فقد أوضحت النظرية الخاصة أن تأثير مرور الزمن يتباطأ كلما زادت السرعة. وفى البداية، يكون تأثير البطء صغيراً بدرجة غير محسوسة ، ولكن عند الاقتراب من سرعة الضوء يصبح التأثير واضحًا بدرجة حتى إذا وصلنا إلى سرعة الضوء فإن تأثير معدل مرور الزمن يتلاشى.

بمعنى آخر، إذا استطاع مسافرو الفضاء السفر بسرعة الضوء فلن يتأثروا بمرور الزمن مهما طال سفرهم، ويمكنهم السفر من الأرض إلى أبعد أشباه النجوم التى تبعد ١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر، وسوف يبدو لهم أن ذلك السفر قد تم فى التو واللحظة.

وفى هذه الحالة، لماذا نخشى المرور عبر الثقوب السوداء أو نخشى تحويل السفن وأطقمها إلى تاكيونات؟ لماذا لا نحول ببساطة السفينة وطاقمها إلى موجات ضوء - نمط من موجات الضوء يحتفظ رغم تعقيده بكل تفاصيل السفينة والطاقم؟ وسوف توجه الرحلة حينئذ إلى بعض الاتجاهات المختارة، ثم نعيد تحويل موجات الضوء إلى سفينة وطاقم مرة أخرى. فأيا كانت وجهة السفر فسوف ننتقل إليها فى زمن مقداره صفر.

بيد أن هذا الإجراء ستكون له صعوبات معقدة لا يمكن تذليلها على ما يبدو مثل صعوبات التاكيونات والثقوب السوداء. ومن المؤكد ألا يكون هذا الإجراء متاحًا فى المستقبل القريب.

هل كان هناك سبيل للوصول إلى سرعة الضوء (أو بالقرب من هذه السرعة) بدون تحول الجسيمات إلى موجات ضوء؟

وماذا عن التعجيل الطبيعى؟ لا يمكننا تعجيل سفينة إلى أبعد من سرعة الضوء ، لكننا يمكن أن نجعلها تسرع (نظريًا) لأى سرعة حتى سرعة الضوء.

ولا يمكن أن يكون التعجيل سريعًا جداً، بالطبع، لأنه سيهز أعضاء الطاقم فى مؤخرة السفينة هزًا عنيفًا. افترض، مع ذلك، أننا عجلنا بمقدار واحد عجلة جاذبية (التعجيل الطبيعى المصاحب لمجال جاذبية سطح الأرض)، فسوف نشعر بأننا لأجل معين لا نزال مرتاحين تمامًا . وفى الواقع، فإننا سنشعر كما لو كنا واقفين على سطح الأرض ومتأثرين بجاذبيتها الطبيعية .

وعند التعجيل بواحد عجلة جاذبية فإننا نجرى كل ثانية ٩,٨ مترا فى الثانية أسرع من الثانية التى قبلها، ولو استمر هذا التعجيل بصورة غير محدودة[١٢]، فسوف تحتاج إذن لحوالى سنة للتعجيل من سرعة صفر إلى سرعة الضوء، وفى تلك الفترة تكون السفينة قد سافرت نصف سنة ضوئية.

عند هذا الحد، تستطيع السفينة أن تتوقف عن التسارع ولا تنزلق إلا بتأثير الجاذبية. وتستطيع السفينة الانزلاق بتأثير الجاذبية خلال خواء بصورة غير محددة

دون إبطاء أو انحــراف، لو كانت لا توجد أية نجـوم قريبـة تولد تأثير جـانبيـة فعليًا. (فإن وجد فسوف يؤخذ فى الاعتبار) .

وخلال هذا الانزلاق بتأثير الجانبية بسرعة قريبة جدا من سرعة الضوء، سيكون هناك إحساس ضئيل جدا بمرور الزمن – بضع دقائق، بضعة أيام، بضعة أسابيع، وهـذا يعتمد على السـرعة التى تقترب بها السفينة من سرعة الضوء، ويعتمد على مدى عظم المسافة التى تنزلق بها بتأثير الجانبية. إذن ، عندما يكون المرء على بعد نصف سنة من نقطة النهاية، فإنه يستطيع أن يخفض العجلة بسرعة عجلة جاذبية واحدة لمدة سنة.

وسيبدو أن أى طيران بين النجوم لا يتطلب أكثر من سنتين. وبالسـماح بسنة واحدة للاستكشاف، فسوف تتطلب رحلة انكفائية إلى رجل الجبار حوالى خمس سنوات، وسوف تحتاج رحلة انكفائية لبعض النجوم فى مجرة المرأة المسلسلة أيضا خمس سنوات.

وسوف يبدو هذا موقفًا مشجعًا، إلا أن هناك بعض العوائق .

أولاً، عندما تنزلق سفينة بتأثير الجانبية بسرعة الضوء أو بسرعة قريبة منها، فإن التأثر بمرور الزمن لا يكون بطيئًا إلا بالنسبة لطاقم السفينة، وبالنسبة لكل شخص على الأرض (وفى أى مكان آخر فى الكون تجرى فيه الحركة بالسرعات العادية)، فسيكون تأثره بمرور الزمن بشكل طبيعى .

وعلى ذلك، فإن رحلة انكفائية إلى رجل الجبار قد يقطعها رواد الفضاء فى خمس سنوات بينما سيجدون عند عودتهم إلى الأرض أن إحدى عشرة سنة قد انقضت. وهذا لن يزعجهم كثيرا، لكنهم إذا سافروا إلى مجرة المرأة المسلسلة وعادوا منها، فسوف يجدون أنه مرت على الأرض ٤,٦٠٠,٠٠٠ سنة، وقد لا يجدوا على الأرض جنسا بشريا يستقبلهم ويحييهم. وإذا سافروا إلى أبعد أشباه النجوم وعادوا بعد خمس سنوات، فسوف تكون المدة المقابلة لها على الأرض ٢٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة، وسوف تكون الشمس قد انكمشت إلى قزم أبيض(١٢) white dwarf. ومن المحتمل أن

تكون الأرض قد دمرت فيزيائيًا ،عندما تصل الشمس إلى مرحلة العملاق الأحمر[١٤] red-giant stage.

وحتى إذا أدرك رواد الفضاء هذا، وكانت لديهم الرغبة فى استكشاف الكون دون التفكير فى العودة إلى الأرض فيجب أن نسأل أنفسنا مرة أخرى، إذا كان ممكنًا فعلا من الناحية العملية أن نتوقع التعجيل إلى سرعة قريبة من سرعة الضوء.

إن ما يساوى قيمة سنة تعجيل بعجلة واحد جاذبية، يستهلك قدرًا هائلا من الوقود، أكثر مما نتصور أن توجد سفينة تستطيع حمل هذا القدر، خاصة وأن هناك، فى النهاية ، مقدار سنة من تخفيض عجلة الجاذبية، التى ستكون مكلفة جدًا فى الوقود.

وحتى باستخدام أكفأ صور الطاقة الممكنة ، فسوف تطلب قدرًا كبيرًا من الطاقة للتعجيل لمدة سنة وقدرًا كبيرًا من الوقود للتخفيض لمدة سنة بحيث يصبح حمل الوقود أمرا مشكوكًا فيه تماما من الناحية العملية.

إلا أنه من ناحية ثانية، ربما، لا تحمل السفن أى وقود على الإطلاق اللهم كميات صغيرة للضرورة. وبدلاً عن ذلك، يمكن للسفينة أن تبتلع كتل المادة الصغيرة الموجودة فى الفضاء النجمى وتستخدمها كوقود. وسوف تحتاج إلى مكنسة كهربائية ضخمة لتقوم بهذا، لأنه سيصير من الضرورى ابتلاع كل المادة والتى هى فى حجم عدة آلاف من الكيلومترات المكعبة فى الثانية، ربما.

وبعد ذلك، أيضا، وحتى وإن وجد حل لمشكلة الوقود بطريقة أو بأخرى (وهذا غير محتمل)، فلا تزال هناك مشاكل أخرى باقية.

وعلى سبيل المثال، كلما ازدادت السرعة اقترابًا أكثر وأكثر من سرعة الضوء، فسوف يتحول المزيد من القوة المستخدمة للتعجيل إلى زيادة كتلة سفينة الفضاء، ويسهم القليل من القوة فى زيادة سرعتها. وسوف يأتى زمن لا يكون فى مقدور السفينة تحمل تبديد استخدام المزيد والمزيد من الطاقة لتحويلها إلى أقل فأقل من تزايد السرعة مهما كانت آلية الدفع.

دعنا نفترض ،على سبيل المثال أن نقطة التوقف المفاجئ جاءت عند ٩٠٪ من سرعة الضوء. ويبدو هذا رائعاً بعض الشيء – لكنه ليس حقيقياً. فعند ٩٠٪ من سرعة الضوء يتأثر طاقم السفينة بمعدل مرور زمن ٣١٪ من المعدل الطبيعي. وهذا يعني أن رحلة إلى مركز مجرتنا، على سبيل المثال، قد تتطلب ١٠,٠٠٠ سنة، وتتطلب رحلة إلى مجرة المرأة المسلسلة ٨٠٠,٠٠٠ سنة.

وإن لم تستطع السفينة الوصول إلى نسبة الـ ١٠٪ الأخيرة من سرعة الضوء ، وانخفض معدل التأثر بمرور الزمن إلى جزء صغير من الطبيعي بالفعل، إذن ، فسوف يكون الاستكشاف خلال حياة الإنسان الطبيعية مقتصراً على النجوم المجاورة لنا، تلك النجوم التي تبعد عنا مائتي سنة ضوئية.

وحتى هذا لن يكون أسوأ ما في الأمور، فالفضاء بين النجوم ليس خالياً تماماً، فكلما كانت السفينة تطير بصورة أسرع كانت أقل قدرة على تجنب الاصطدام. من المستبعد تماما أن تصطدم سفينة بنجم، لأن هذه النجوم موزعة بصورة متناثرة بالفعل. ويمكن لسفينة أن تنطلق بسرعة بصورة عشوائية ومن غير المحتمل أن تصطدم بأي جرم كبير حقيقي خلال ملايين السنين.

عدد الأجرام الصغيرة في الفضاء – الجبال الطائرة وكتل الأحجار والحصى – يجب أن تكون أكثر كثيراً من النجوم والكواكب والأقمار. والاصطدام بأي من هذه الأجسام الصغيرة، حتى في حجم الحصاة سيؤدي إلى كارثة عند الطيران بسرعة الضوء.

وحتى إذا لم تكن هناك أية كتل حجرية متناثرة على الإطلاق في الفضاء بين النجوم، أو إذا استطاعت السفينة تجنب كل الكتل الحجرية المتناثرة الموجودة ، فلن يكون هذا كافياً. فنحن نعرف أن الفضاء بين النجوم يحتوي على جسيمات من الغبار بالإضافة إلى جزيئات وذرات. ويمكننا بالفعل أن نرى سحب الغبار من موقع مناسب على سطح الأرض والتعرف على بعض الذرات والجزيئات بداخلها. وحتى الفضاء الذي لولا ذلك كان نظيفا يحتوي على شتات خفيف من ذرات الهيدروجين. وربما يكون أنظف فضاء هو الفضاء بين المجرات، ويقدر أنه يوجد في البعيد هناك ذرة هيدروجين في كل

متر مكعب من الفضاء. وهناك شتات كثيف من ذرات الهيدروجين فى الفضاء بين النجوم داخل المجرة.

ذرات الهيدروجين شىء هام، فإذا كانت سفينة تتحرك بنسبة كبيرة من سرعة الضوء واصطدمت بذرة هيدروجين، فإن ذلك يكون مكافئا لذرة هيدروجين تتحرك بنسبة أكبر من سرعة الضوء وتصطدم بسفينة، فذرة الهيدروجين المتسارعة هذه تعتبر شعاعًا كونيًا.

وإذا كانت هناك ذرة هيدروجين واحدة فقط فى كل متر مكعب فسوف تتعرض سفينة فضاء تسير بسرعة تقترب من سرعة الضوء فى كل ثانية لنحو بليون بليون من جسيمات الأشعة الكونية وسرعان ما تصبح هذه السفينة مشعة ويحترق كل مَن بداخلها .

لتجنب هذا الخطر الإشعاعى، قد يكون من الضرورى عدم السير بسرعة أكبر من ١/١٠ سرعة الضوء، أو ربما أقل فى المناطق التى يتكاثر فيها الغبار بصورة غير عادية. وعند تلك السرعة، يكون التأثر الذاتى بمرور الزمن عادى تقريبا وسوف يتطلب الوصول حتى إلى أقرب النجوم نحو ٤٠ سنة .

الانزلاق بتأثير الجاذبية

سيكون من الواضح، إذن، أنه باستثناء بعض الإنجازات التكنولوجية غير المنظورة تماما فى الوقت الراهن ، لن يكون باستطاعة الإنسان أن يسافر بأية سرعة أكبر من جزء صغير نسبياً من سرعة الضوء. ويعنى هذا بالتالى أن الإنسان قد لا يستطيع أن يقوم برحلة انكفائية حتى إلى أقرب النجوم طوال فترة حياته الطبيعية.

هل هناك من سبيل،برغم هذا، لأن تمتد فترة حياة الإنسان بصورة غير محدودة؟ ماذا لو أمكن أن يتجمد الإنسان بسرعة إلى حالة من الثبات **a state of dormancy**؟ حينئذ يمكنه ذلك، فقد يكون من المأمول وليس من المعمول، ولكن فقط فى حالة ما يتوقف الأيض(١٥)، وإذا أمكن لبشر أن يكونوا كذلك، فى درجات حرارة نتروجين سائل بصورة غير محددة،حينئذ عندما يتم الاقتراب من إحدى الأماكن المنشودة،

فيمكن بطريقة ما تدفئتهم بسرعة وإعادتهم للحياة، وبعد ذلك يواصلون حياتهم دون أن يشعروا بمرور الزمن وهم فى حالة رقاد.

ولسوء الحظ، فإن جعل جسم دافئ كبير مثل جسم الإنسان يتجمد كل جزء منه بسرعة كى يمنع حدوث تغيرات مدمرة مهلكة، سوف يكون عملاً يستحيل إجراؤه بالفعل. وسوف يكون من الصعوبة بالإمكان جعل كل جزء من جسم كبير بارد جدا أن يدفأ بسرعة كله حتى يمنع حدوث تغيرات مدمرة مميتة.

حينئذ، فهذا التجمد واللاتجمد، ليس من الأشياء التى نفترض أن تظهر فى المستقبل القريب، على الرغم من أنه لا يبدو من المستبعد تمامًا حدوثها مثل التاكيونات والثقوب السوداء، أو تحويل البشر إلى موجات ضوء.

ولكن افترض أن فترة حياة الإنسان امتدت بدرجة كبيرة بحيث يمكنها أن تعايش رحلات طويلة دون الحاجة إلى التجمد . لو استطاع البشر بالفعل أن يصلوا إلى حالة شبه خلود فسوف يكون من الضرورى لهم القيام برحلات طويلة، إذ سرعان ما تنفجر المجموعة الشمسية بامتلائها بسبب معدلات الانفجار السكانى .

ولا يحتمل أن تكون فترات الحياة الممتدة بصورة كبيرة عالية جدا، وعلى الرغم من هذا، ربما تكون أقل احتمالا من الاستخدام الناجح للتجمد.

يبدو من المعقول أن نستنتج ، رغما عن ذلك، أنه إذا كان سيجرى إطلاق رحلات إلى الفضاء بين النجوم، فيجب أن تجرى بسرعات منخفضة نسبيا،دون تجمد، وبواسطة طاقم أعضاء لهم فترة حياة طبيعية. وهذا يعنى بالتالى أنه يجب على مستكشفى الفضاء بين النجوم أن يخططوا على أساس قضاء كل حياتهم على متن سفينة، وعلى إنجاب أطفال يقضون جل حياتهم بالتالى على متن السفينة، وربما يكون هكذا لعدة أجيال.

وقد يبدو هذا فى بادئ الأمر حالة مفزعة لا تستطيع الناس أن تتحملها – ولكننا نفكر فى أهل الأرض اليوم، والذين اعتادوا على ظروف خاصة على الأرض.

ماذا لو فكرنا فى مستوطنات الفضاء العديدة التى ستملأ فى يوم ما حزام الكويكبات والمناطق الخارجية من المجموعة الشمسية؟ سوف تصبح كل مستوطنة

فضائية بنفسها "مركبة نجمية"، تسير وربما تدار بواسطة اندماج هيدروجيني محكم. هذه المستوطنات تستطيع إن رغبت أن تضع نهاية لمصاحبتنا الجبرية للشمس فى مدارها ذو الربع بليون سنة حول مركز المجرة. وسوف يتحرر كل شيء ويسير على هواه ويتحرك خلال الفضاء حسب مشيئته.

لن يكون هناك إحساس كبير بالعزلة أو التقوقع لأن أعضاء الطاقم سيكونون هم أعضاء المستوطنة، الذين ولدوا هناك وعاشوا هناك طوال حياتهم وعاش آباؤهم وأجدادهم حياتهم هناك وتربى أطفالهم هناك. وسوف يتخلون عن الاتصال بالمستوطنات الأخرى، مع عالمهم القديم الأسطورى،الأرض؛وحتى مع الشمس نفسها - لكن هذا يمكن أن يحدث. وربما يكون له سوابق. فخلال التاريخ ترك أناس عديدون أوطانهم القديمة، واستقروا بشكل دائم فى أماكن أخرى (وكانت أسرتى ممن فعلوا ذلك، فقد تركت روسيا وفضلت الإقامة فى أمريكا) .

وسوف يكون أهل المستوطنة فى وضع أفضل، فى الواقع، لأنهم لن يتركوا مسكنهم ، بل سيأخذون مسكنهم معهم.

ولن تكون ثمة مشكلة ، فى هذه الحالة، مادام الوقود موضوعًا فى الاعتبار. وحيث لا يجرى المستوطنون محاولة للتحرك بسرعة ضخمة، لكنهم سيكونون سعداء بالانزلاق بتأثير الجاذبية ليس بأكثر من عشرة أو واحد بالمائة من الكيلومتر فى الثانية، وسوف يكون قليلا من الوقود أساسى. وبتوجيه سبيلهم إلى مذنَّب على حافة شمس المجموعة الكوكبية، فقد يمكنهم التقاط مذنب صغير أو اثنين وحملهما معهم. سوف يكون كل مذنب مصدراً لمادة طيارة متجمدة - هيدروجين وأكسجين وكربون ونتروجين - للعمل على سد النقص فى الفقد الحتمى على متن السفينة، وكوقود لمصنع اندماج الهيدروجين.

وفى الواقع، لن يكون الفضاء فارغًا كما نظن ، وقد لا يمضى عقد دون أن تكون هناك فرصة لفحص جرم أو آخر من الأجرام الكويكبية . وأحيانا، فقد يظهر أن هناك مخزنا من المواد غير الطيارة يعطى لسفينة نجمية فرصة لإضافة المزيد إلى مخزونها من المعادن والسيراميك.

وفى النهاية - نهاية طويلة، العديد من الأجيال، ربما - ربما تصل السفينة النجمية إلى نجم. فقد لا يكون حدثا مهما. ومن غير شك، فسوف يدرس فلكيو السفينة كل النجوم خلال مسافة معقولة، ويختارون واحداً به احتمال كبير لأن تحتوى كواكبه على عوالم صالحة للسكنى.وربما تتجه السفينة النجمية إلى كوكب تابع لهذا النجم.

وربما تكون هناك حينئذ فرصة للهبوط لتمشية طويلة على الأقدام،لفرصة إعادة إنشاء السفينة النجمية بالكامل،أو فرصة لإعادة إنشاء سفينة نجمية أخرى من الصفر،ولإجراء تصميمات جديدة. وقد تقلع السفينة النجمية حينئذ ببعض أشخاصها وتترك الآخرين على سطح الكوكب.

وهؤلاء الذين تخلّفوا سوف ينعمون لعدة أجيال بسعادة التوسع والنمو، وفى النهاية، ربما يبنون سفناً نجمية تتجه إلى الفضاء من نواة جديدة.

وربما سوف يكون هناك العديد من السفن النجمية، التى ستغادر المجموعة الشمسية - وكل كوكب مستعمر آخر. وسوف يكون كل نظام كوكبى مثل هندباء برية يتم بذرها وتعطى جراثيم جديدة من الحياة للخارج فى جميع الاتجاهات. وسوف تنتج السفن النجمية العديدة بعد انفصالها الطويل منوعات ثقافية وبيولوجية بوفرة غير محدودة من الخبرة والثقافة وربما يؤدى ذلك إلى ظهور أجناس بشرية - نوع فياض من كل شىء لا يمكن تكراره بصورة معقولة فى عالم واحد أو فى نظام كوكبى واحد.

فقد تكون للثقافات المختلفة فرصة للتفاعل عندما يتلاقى مسار السفينتين النجميتين.

وسوف يكون لالتقاء السفينتين النجميتين عندما تكتشف كل منهما الأخرى من مسافة بعيدة وقتا للسرور العظيم لكل واحدة. وستكون كل واحدة الآن متاحة للأخرى. وسوف يكون هناك أوصاف ،لكل واحدة، لقطاعات من الفضاء لم تزرها الأخرى. وسوف تقدم نظريات جديدة وقصص وتفسيرات من النوع القديم. وسوف يتغير الأدب والموسيقى وأشكال الفن، وستكشف اختلافات فى العادات.

ولن يكون لدى سفينة نجمية واحدة وقت ، حتى فى ملايين السنين لاستكشاف أكثر من جزء ضئيل من الامتداد الكونى الشاسع، ولكن بما أن كل سفينة نجمية بذرت

كواكب هنا وهناك والتى بالتالى ستكون سببًا فى ظهور العديد من السفن النجمية الجديدة، فكلهم جميعا، سيتجهون عبر الأجزاء المسكونة من المجرة وربما يتجهون حتى إلى المجرات المجاورة.

ومع توالى الأحداث،فسوف يقابل البشر إن آجلاً أو عاجلاً المجال المتسع من السفن النجمية التى بدأت بحضارات غير بشرية، البعض منها أقدم وأكثر تقدمًا من حضارتنا – والتى سنتعلم منها الكثير.

ومن المعهود لنا فى مرحلة تاريخنا البدائية الحاضرة أن نفكر فى هذه الاتصالات مع أغراب من خلال الحرب والصراع، غير أن الفضاء كبير جدًا لدرجة أن يصبح متسعًا للجميع، ومن الممكن على الأقل أن يبرهن الفضول على أنه قوة أكبر من الشك. وقد يبرهن الذكاء على أنه عامل ربط قوى بحيث يمكن التعرف على أبناء العمومة فى الذكاء وقد تنبذ فوارق المئوى المادى لهذا الذكاء لعدم أهميتها.

ولكن ما الذى سيدفع السفن النجمية خارج النظام الكوكبى للشمس فى المقام الأول؟ (أو إلى أى نظام كوكبى؟)

يمكننا أن نتحدث بشموخ عن الفضول، وعن الحنين إلى المغامرة والرغبة فى رؤية المناطق الغريبة – لكن طول الرحلة والزمن الذى سنستغرقه قبل أن نقابل شيئًا مهمًا، هكذا من المؤكد أن الجيل الذى بدأ الرحلة لا يرى شيئا على الإطلاق ذا أهمية أو فضوليًا أو مثيرًا. لماذا إذن يجب عليهم أن يتركوا المناطق المألوفة فى المجموعة الشمسية؟

قد تكون هناك أسباب قاهرة

سوف يكون لكل مستوطنة فضائية توازنها البيئى ،الذى سيكون بغير شك أكثر بساطة من التوازن البيئى الموجود على الأرض. وسيحاول مستوطنو الفضاء فى كل عالم صغير بلا شك استئصال الأعشاب، والحشرات الطفيلية وجراثيم الأمراض بقدر ما يكون ذلك متوافقًا مع النظام البيئى المفيد والمتنوع الذى يمكن أن يبقى اتزانه

بشكل غير محدد. وقد يكون لكل مستوطنة فضائية مختلفة نظامها البيئى المختلف بعض الشيء.

وفى تلك الحالة،كيف ستتم التجارة؟ كيف سيعمل بشر من مستوطنات مختلفة معًا فى مشروعات فضائية ؟ فعلى الأرض حاليًا توجد تنظيمات تمنع استيراد النباتات والحيوانات من دولة لأخرى– تنظيمات حجر صحى لمنع انتشار آفات أو أمراض. كيف يمكن تنفيذ هذه القوانين بصرامة فى مستوطنات الفضاء!

بعض المستوطنين قد يستسلمون للعدوى الحتمية وقد يقررون أنه سيكون فى النهاية نظام بيئى فضائى موحد مع تغييرات طفيفة من مستوطنة لأخرى وحتى الأشخاص الذين يقبلون هذا،مع ذلك، قد لا يرغبون فى استيراد طفيليات وأمراض من الأرض نفسها، من خلال نظامها البيئى الجامع الشاسع.

وبعض المستوطنات،لهذا السبب، قد تتخذ عزلة بيولوجية. فقد يجادلون بأنه من الأفضل قطع الطريق على التجارة والتعاون بدلاً من خطر التلوث فيما يعتبرونه النظام البيئى النموذجى لعالمهم الصغير.

وفى النهاية، بحثًا عن الحجر الصحى الأصلى ، فقد يغادرون المجموعة الشمسية، آخذين مزروعاتهم وحيواناتهم إلى فضاء بعيد نقى حيث لا يوجد شىء سوى قوى التطور البطيئة (أو العمل الأسرع للهندسة الوراثية المدروسة) التى يمكن أن تغير التوازن الذى أقاموه.

فقد يكون هذا هو الدافع لتنظيم الكون – وليس الفضول،أو الرغبة فى الإثارة والمغامرة، بل الخوف من العوالم الأخرى ومن ذعر التلوث.

وقد يجعل هذا من الممكن للبشر (وأبناء عمومتهم من الأنكياء إذا وجدوا) أن يوسعوا آفاقهم ،إذا ما وجد الوقت الكافى، فسيصبح لهم حدود مشتركة مع أرجاء الكون.

الهوامش

(١) جين دومنيك كسينى (١٦٢٥-١٧١٢): فلكى فرنسى درس الكواكب واكتشف أربعة أقمار لزحل وفاصل كسينى فى حلقات زحل. قاموس الفلك مكتبة لبنان.

(٢) اختلاف المنظر: تغير موقع النجم المنظور من جانبين متقابلين على الأرض. (المترجم)

(٣) رجل الجبار: ثالث ألمع النجوم وأقربها إلى الشمس،ويظهره التليسكوب على أنه مجموعة من ثلاثة نجوم. قاموس الفلك والفضائيات المصور.

(٤) النسر الواقع: خامس أسطع النجوم فى كوكبة القيثارة نوره أبيض مزرق. المصدر السابق.

(٥) الأشعة السينية: أشعة كهرمغناطيسية، تقع فى النطاق بين الأشعة فوق البنفسجية والأشعة الجامية، وتنتج عن انتقال الإلكترونات من مستويات عالية الطاقة إلى مستويات منخفضة الطاقة فى الذرة،كما تنتج الأشعة السينية كذلك فى أشعة الكبح (الفرملة). معجم الفيزياء د.إبراهيم حمودة مكتبة أكاديميا.

(٦) ألبرت أينشتين (١٨٧٩-١٩٥٥): فيزيائى أمريكى،ألمانى المولد وصاحب نظرية النسبية،منح جائزة نوبل فى الفيزياء عام ١٩٣١ . (المترجم)

(٧) مجرة المرأة المسلسلة: مجرة لولبية ضخمة هى أقرب المجرات الكبار إلى مجرة درب التبانة. المترجم

(٨) الطاقة الحركية: الطاقة التى يمتلكها الجسم بسبب حركته، وتساوى نصف الكتلة مضروبا فى مربع السرعة. والوحدة فى النظام الدولى للوحدات هى الجول. (المترجم)

(٩) النظرية النسبية الخاصة: نظرية أساسها افتراض أن سرعة الضوء لا تتغير بالنسبة للمراقبين الذين يتحركون فيما بينهم بسرعات نسبية ثابتة. معجم الفيزياء. مكتبة أكاديميا

(١٠) تاكيون:جسيم يفترض انتقاله بسرعة تفوق سرعة الضوء،كما يفترض أن إحدى الكميتين له،كتلة السكون والطاقة،كمية حقيقية والأخرى خيالية. معجم الفيزياء السابق ذكره.

(١١) الثقب الأسود: جسم فلكى عالى الجاذبية جدا بحيث لا يفلت منه حتى الضوء. قاموس الفلك والفضائيات.

(١٢) وفى الواقع لن يحدث هذا،لأن السفينة عندما تنطلق بصورة أسرع وأسرع، فسوف يذهب المزيد والمزيد من قوة التعجيل إلى الكتلة، والأقل فالأقل إلى السرعة. ومع ذلك فسوف نبسط الأمور من أجل المناقشة. المؤلف

(١٣) قزم أبيض: نجم خافت تنتهى إليه حال النجوم الأخرى كالشمس. (المترجم)

(١٤) العملاق الأحمر: نجم أحمر كبير تمدد كثيراً لتقدمه فى العمر. (المترجم)

(١٥) الأيض:كلمة تطلق على التفاعلات الكيميائية التى تحدث داخل خلايا كل الكائنات الحية. (المترجم)

الجزء الثانى

آفاق الزمن

الفصل الثالث عشر

عمر التاريخ

التقويم

لقد وصفت فى هذا الكتاب حتى الآن كيف مددت (وسّعت) البشرية آفاق المكان شيئا فشيئا حتى شمل اتساعه حدود الكون، فماذا عن الزمن وهو شيء أساسى كالمكان ويجرى قياسه على الدوام ؟

والبشر وحدهم ، دون جميع الكائنات الحية يمكنهم ألا يعيشوا كلية فى الحاضر، وربما البشر وحدهم يستطيعون تذكر الماضى بتفاصيل معقولة ويهتمون به بعناية ويتوقعون المستقبل بتفصيلات معقولة من تجربة انتظامية ذات تغيرات معينة .

وبطبيعة الحال من الصعب أن نتتبع بدقة كيف طوّر البشر فكرتهم عن الزمن، فمن المرجح أن الفكرة قد بدأت من ملاحظة تغير النور والظلام. ومن هذه الوحدة البدائية للزمن، "اليوم"، تم تحديد الفترات الزمنية الأطول والفترات الزمنية الأقصر وتواضع الناس على استخدامها.

واليوم ذاته، نشأ نتيجة ظاهرة فلكية دورية وهى حركة الشمس اللانهائية حول السماء. وهذا فى الحقيقة نتيجة دوران الأرض حول نفسها، فى حين أن فكرة دوران الأرض حول نفسها لم تكن مقبولة بشكل عام قبل عصر كوبرنيكس(١) فى القرن الخامس عشر، أما بعد ذلك فقد أصبح مفهوماً أن حركة الشمس فى السماء ما هى إلا وهم (حركة ظاهرية).

وبسبب ميل محور الأرض، فإن الشمس تتحرك أيضا بصورة بطيئة إلى أعلى فى السماء يوما بعد يوم ، ثم إلى أسفل ثم أعلى وهكذا فى فترة تعتبر أطول من يوم بكثير. وتقوم الفصول على هذه الحركة الظاهرية للشمس لأعلى ولأسفل ، وتنبض الحياة على الأرض بتغير الفصول. وفى أجزاء عديدة من الأرض تتعاقب الفصول الرطبة أوالجافة أو الفصول الدافئة والباردة. وتزدهر حياة النبات وتموت وتولد مرة أخرى بينما ترتحل حياة الحيوان ذهابا وإيابا، ويصبح الإنسان مدركًا لكل هذا .

لذلك ، كان يجب أن تبتكر وحدات زمنية أطول من اليوم قبل فترة طويلة من بدء التاريخ.

والقمر هو الجرم الأكثر وضوحًا في السماء بعد الشمس ويمر بتغيرات دورية ملحوظة تقريبًا مثل النهار والليل فى صورة أوجهه المتغيرة، من هلال رفيع بعد غروب الشمس مباشرة ("القمر الجديد") يكبر وينتقل بعيدًا عن الشمس إلى أن يصبح قمرًا مكتملا (بدرًا) يبزغ عند الغروب. بعد ذلك ينكمش ويتحرك قريبًا من الشمس إلى أن يصبح هلالا رفيعًا يُرى بصعوبة قبل شروق الشمس. وسرعان ما يظهر بعد هذا قمر جديد فى السماء بعد غروب الشمس تمامًا. تنشأ هذه الأوجه نتيجة لدورة القمر حول الأرض ووضعه المتغير لذلك السبب بالنسبة للشمس.

وتكتمل دورة كاملة للقمر فى ٢٩,٥٣ يومًا، وبالنسبة لهؤلاء الذين تحققوا من هذه الفترة بين قمرين لأول مرة ، كان يعنى أن الفترة بين قمرين جديدين تكون أحيانًا تسعة وعشرين يومًا وتكون أحيانا ثلاثين يومًا. وكانت هذه الفترة هى الشهر، وقد نشأت التقويمات القمرية على هذا الأساس لآلاف السنين؛ حيث يعتمد التقويم الدينى لليهود والمسلمين حتى يومنا هذا على التقويم القمرى.

ويعتبر الأسبوع وحدة اصطناعية، ربما كان يعنى تحديد ظهور الأوجه الرئيسية للقمر: جديد، الربع الأول، القمر المكتمل، والربع الأخير. وتبلغ هذه المدة ٧,٣٨ يومًا مستقلة عن المدد الأخرى فى نطاق الشهر. ولكى يكون الأسبوع قمريًا تمامًا ، يجب أن يكون طوله سبعة أيام وأحيانًا ثمانية. والشعب الذى كان يسكن وادى دجلة والفرات، الذى كان به أكثر الفلكيين تقدمًا فى مهد الحضارة، من المحتمل أنهم تأثروا على أية

حال بالشمس والقمر وعطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل، وهى السبعة أجرام السماوية التى يسهل رؤيتها بالعين المجردة التى تتحرك بطريقة معقدة أمام خلفية نمطية ثابتة من النجوم. ومن خلال منح شرف الألوهية للشمس والقمر والكواكب وتخصيص يوم لكل منها نشأت فكرة الأسبوع ذى الأيام السبعة الثابتة، ووصلت الفكرة إلى اليهود ثم إلى المسيحيين ولا تزال معنا. فهى وحدة غير ملائمة تماماً لا تتوافق على التساوى مع الشهر أو السنة.

ومن الأسهل تحديد دورة الفصول بحساب الشهور من تحديدها بحساب الأيام. ولما كانت الفصول غير منتظمة حسابياً مثل اليوم والأسبوع والشهر، إلا أنها دورة أكثر أهمية سواء كان البشر فى مرحلة الجمع والالتقاط food gathering أو صيادين أو مزارعين. وفى النهاية اكتشف البشر بأن دورة الفصل أو السنة التى تحدد فترة دوران الأرض حول الشمس فترة أطول قليلا من اثنى عشر شهراً قمرياً.

وفى واقع الأمر، تبلغ السنة ١٢,٣٧ شهراً قمرياً، واكتشف البابليون نمطا للسنين يكون طوله أحياناً اثنى عشر شهراً وأحياناً ثلاثة عشر شهراً، ذلك النمط الذى يتكرر كل تسع عشرة سنة. واستخدم الإغريق واليهود هذا النمط (ولا يزال يستخدم حاليا فى التقويم الدينى اليهودى).

وكان للمصريين دورة موسمية بسيطة اعتمدت تماماً على الحدث السنوى لفيضان النيل الذى يأتى فى المتوسط كل ٣٦٥ يوماً. ونتيجة لذلك وضعوا للسنة ٣٦٥ يوماً وملأوها باثنى عشر شهراً كل منها ثلاثون يوماً يتبعها خمسة أيام للاحتفال. ولم تتوافق الشهور مع أوجه القمر غير أن المصريين لم يعبأوا بهذا، وكان ذلك أول تقويم شمسى(٢) solar calendar.

وفى النهاية أخذ الرومان بالتقويم المصرى فى سنة ٤٤ ق.م. وبمساعدة الفلكى اليونانى سوسيجن Sosigenes أضيف التصحيح الأخير للسنة الكبيسة(٣). حيث كان طول السنة بالفعل ٣٦٥,٢٥ يوما، ويعنى هذا إضافة يوم كامل كل أربع سنوات .

وفى حقيقة الأمر ، لا تعتبر السنة ٣٦٥,٢٥ يوماً بالضبط أيضا، لكنها ٣٦٥,٢٤٢٢ يوماً – أى أقل من الرقم السابق بمقدار طفيف جدا . وهذا يعنى أنه يحدث ثلاث مرات كل أربعة قرون أن السنة التى ستكون سنة كبيسة بصورة طبيعية

لا يجب أن تكون كبيسة. وقد أشار العالم الإنجليزى روجر بيكون Roger Bacon (١٢٢٠-١٢٩٠) إلى ضرورة ذلك فى البداية لكنه يصعب تماما تغيير تقويم فى أى وقت. ولم يتم التغيير بنجاح إلى أن أقره البابا جريجوريوس الثالث عشر[٤] Pope Gregory XIII (١٥٠١-١٥٨٥) فى سنة ١٥٨٢ وحتى بعد ذلك ، فلم تتبع هذا التقويم فى البداية سوى أوروبا الكاثوليكية. وعلى الرغم من هذا، انتشر التقويم الجريجورى الجديد ويعمل به على مستوى العالم.

ولا توجد فترات زمنية مقبولة أطول من السنة ما عدا الفترات التى تعتبر مضاعفات للسنة. فالعقد decade عشر سنوات والقرن century مائة سنة وألف عام millennium وهذه المصطلحات من كلمات لاتينية بمعنى عشرة، و مائة وألف على التوالى.

وأقل الفترات استخداما هى الخمسية وهى خمس سنوات "lustrum" والتى تعنى الغسل والتطهير، حيث اعتاد الرومان إجراء إحصاء كل خمس سنوات فى تاريخهم الأخير وكان الناس يتطهرون بعدها، كما لو كانوا يقومون ببداية جديدة. وكان للرومان أيضا فترة تعرف بالخمسعشرية indiction، وهى التقييم الضريبى الجديد الذى كان يجرى كل خمس عشرة سنة.

وفى ظل الإغريق كان ينعقد الأولمبياد Olympiad مرة كل أربع سنوات، حيث كانت تعقد الألعاب الأولمبية Olympic games كل أربع سنوات (كما هو قائم حالياً فى دورتها الجديدة).

وفى النهاية،هناك الجيل generation الذى يمثل فرق العمر المتوسط بين الآباء والأبناء. وليس هناك فترة جيل متفق عليها،على الرغم من أنها تحتسب أحيانا ٢٥ سنة أو ثلاثين سنة أو ثلاثة وثلاثين.

الأعمار

لم يكن يزيد متوسط العمر المتوقع فى الأزمنة البدائية عن ثلاثين سنة حتى فى ظل الظروف الجيدة، ولذا كان الجيل طبقا للحقيقة هو الزمن الذى يحل فيه الأبناء محل الأباء. ومع ذلك، كان هناك أشخاص يعيشون أطول من ذلك حتى فى الأزمنة البدائية.

وهكذا كان فى الكتاب المقدس آية شهيرة تقول: " أيام سنينا هى سبعون سنة..."(سفر المزامير ٩٠:١٠). ويظهر أن سبعين سنة هى العمر الطبيعى، إن لم يكن هناك نهاية خاطفة بسبب مرض أو التعرض لعنف (والتى كانت عادة موجودة قبل العصور الحديثة).

ولم يكن هناك العديد من الأشخاص السعداء الذين أسعدهم الحظ بتجاوز هذه السن فى العصور القديمة، بيد أن الأمور قد تغيرت. ففى العالم ككل يصل متوسط العمر حاليا إلى خمسة وخمسين سنة، غير أن هذا التقدير يأخذ فى الاعتبار مناطق عديدة لم يمتد إليها الطب الحديث. فمتوسط العمر فى أفغانستان ٣٧,٥ سنة، وفى أنجولا ٣٣,٥ سنة، وفى بعض أجزاء أخرى من أفريقيا يصل متوسط عمر الذكور أقل قليلا عن خمس وعشرين سنة.

بيد أنه فى الولايات المتحدة الأمريكية يصل متوسط عمر الإناث البيض إلى ٧٧,٢ سنة والذكور البيض إلى ٦٩,٤ سنة. وهذا يعنى أن أكثر من نصف السكان البيض سيصلون سن السبعين الذى تحدث عنه الكتاب المقدس المسيحى(٥) .

ويعيش الناس أكثر من هذا المتوسط العمرى، أيضا، بالطبع، وكان هذا حتى عندما كان ذلك المتوسط العمرى منخفضا جدا.

ومن بين الشخصيات التاريخية فى الماضى التى عاشت أكثر من تسعين سنة،الخطيب اليونانى أسوقراط Isocrates (٤٣٦-٣٣٨ ق.م)، والمؤرخ الرومانى كاسيودروس Cassiodorus (٤٩٠-٥٨٣)، والقائد البيزنطى نارسيس Narses (٤٧٨-٥٧٣)، والدوج الفينيسى (البندقى) إنريكو داندولو Enrico Danolo (١١٠٨-١٢٠٥)والرسام الإيطالى تيتان Titan (١٤٧٧-١٥٧٦) والعالم الفرنسى برنار دى فونتنلى Bernard de Fontenelle (١٦٥٧-١٧٥٧)، و الدبلوماسى الفرنسى لويس دى ريشيليو Louis de Raichelleu (١٦٩٦-١٧٨٨)، والكيميائى الفرنسى ميشيل .إى.شيفرويل Michel E.Chevreul (١٧٨٦-١٨٨٩).

وليس هناك ما يثير الدهشة فى أن يبلغ شخص هذا العمر حتى لو كان متوسط العمر منخفضا، فهناك دائما بعض الناس الذين ينجون من حالات المرض والعنف.

وبمجرد أن يصل هؤلاء الناس إلى سن الستين فإنهم يطورون مناعة كافية تجنبهم العديد من الأمراض المعدية. فإذا كان الشخص ذكراً فلن يكون عرضة للموت بسبب المعارك، وإذا كانت أنثى لا تصبح عرضة للموت بسبب ولادة طفل. وهؤلاء الذين يعيشون حياة متوسطة أو مترفة لا يحتمل أن يعانوا فاقة الجوع والفقر. وفي تلك الحالات، كان متوسط العمر الإضافي مرتفعًا في العصور القديمة والوسطى مثلما هو مرتفع اليوم، لأن أسباب الموت بعد الستين هي الأمراض المسببة لانحلال الصحة وتدهورها – السرطان وتصلب الشرايين والتهاب المفاصل وأمراض الكلى والتدهور المستمر البطيء المرتبط بتقدم العمر – وتلك هي الأسباب المميتة الآن كما كانت من قديم الزمان.

وحيث يصل حاليا الكثير من الأشخاص إلى سن الستين ، فلدينا أيضًا الكثير من الناس الذين يصلون إلى سن شيوخ التسعين. **ويفترض أن عدد الذين احتفل الواحد منهم بعيد ميلاده المائة قد وصل إلى حوالي ٢٥٠٠ شخص في العالم ، ويوجد نصف هؤلاء الشيوخ في الولايات المتحدة الأمريكية.**

وهناك حكايات عن أماكن يعيش فيها الناس حياة أطول من مائة سنة – في مناطق القوقاز والإنديز وغيرها. بيد أن الشيء المشترك في هذه المناطق جميعا هو عدم وجود شهادات الميلاد.

يعد وجود سجلات دقيقة للمواليد شيئًا جديداً في تاريخ العالم. وفي غياب هذه السجلات، فالعمر (الذي ينكمش بصورة سيئة بين متوسطي العمر) بدأ يميل نحو الازدياد إلى أن يمتد في السنوات الأخيرة بسبب الرغبة في المباهاة بطول العمر. وربما كانت الأعمار المدونة سابقًا للأشخاص المشهورين في العصور القديمة والوسطى أعماراً مبالغًا فيها، مع أن ذلك ليس هو الحال بالضرورة. فأي عمر يدعي أنه تجاوز المائة بدون أي توثيق يثبته يكون عمراً مبالغًا فيه بالفعل.

وعندما نعود إلى الأزمنة الأسطورية، فغالبًا ما تكون الأعمار مبالغًا فيها وبعيدة تماما عن التصديق[٦]. وعندما نفحص الكتاب المقدس بعناية ونعود بالزمن للوراء نجد أن يوشع **Joshua** توفي في سن المائة وعشرة سنة، وتوفي موسى[٧] **Moses** في سن

المائة والعشرين وتوفى يعقوب Jacob في سن المائة والأربعين وتوفى إسحق Isaac في سن المائة والثمانين ، وتوفى تيراح Terah (جد إسحاق) في سن المائة وخمسة سنة وتوفى عبر Eber (جد جد جد تيراح) في سن ٤٦٤ سنة، وتوفى شيم Shem (جد جد عبر) في سن ٦٠٠ سنة، وتوفى نوح Noah (أبو شيم) في سن ٩٥٠ سنة و متوشلخ Methuselah (جد نوح) في سن ٩٦٩ سنة.

كانت هناك محاولات لإيجاد بعض الطرق الطبيعية natural لتفسير هذه الأعمار الطويلة – كما أن هناك ،على سبيل المثال، افتراض أن الأعمار الطويلة كان يجرى احتسابها بالشهور القمرية وليس بالسنين،ولذا فقد عاش متوشلخ ٩٦٩ شهراً قمرياً، وبالفعل فقد عاش ٧٨,٥ سنة.

بيد أن هذه التفسيرات ليست مقنعة، فمن المحتمل تماما أن اليهود القدامى في ذكرهم لهؤلاء الشيوخ (الآباء المؤسسيين) القدامى كانوا يتعاملون مع روايات الأساطير البابلية الأكثر قدما،التى نسبت الأعمار بعشرات الآلاف من السنين إلى ملوك يحكمون في عصور أسطورية. وشعر كُتّاب الكتاب المقدس بالشك تماماً إزاء هذا، وخفضوا الأعمار إلى مجرد مئات – تقليل ليس بالكاف بالطبع، ولكنه على الأقل خطوة في الاتجاه الصحيح.

وإذا كنا سنقتصر على أشخاص لهم تواريخ ميلادهم موثقة ، فسوف يكون أكبر عمر لإنسان حينئذ هو عمر بيير جوبرت Pierre Joubert من كويبك بكندا الذى ولد في ١٥ يوليو ١٧٠١ وتوفى في ١٦ نوفمبر ١٨١٤، وكان عمره في ذلك الوقت ١١٣ سنة وأربعة شهور.

وللبشر – بصورة مدهشة – فترة حياة طويلة، فإذا درسنا الثدييات كمجموعة فسيتضح أنه كلما كانت المجموعة أكبر كانت تعيش أطول (في المتوسط). فالزبابات القزمية[٨] (بتشديد الزاى وفتحها) Pygmy shrews تموت بشكل عام عن عمر لا يتعدى سنة على الأكثر وهو عمر كبير حتى لو أُطعمت جيداً وحميت من كل مخاطر سيئة. ويمكن أن تعيش النمور والأسود حتى العشرين من عمرها، ويعيش وحيد القرن حتى الثلاثين والأربعين من عمره، ويعيش فرس النهر والأفيال حتى الخمسين والستين من أعمارها.

وقد ورد أن أكبر عمر لحيوان ثديي برّي هو عمر فيل هندى وصل إلى تسعة وستين عامًا بعد أن تم العناية به طوال حياته فى حديقة الحيوان. وهذا يعنى أن أى إنسان يبلغ سن السبعين يرى عالمًا تكون فيه الثدييات البرية الوحيدة الباقية قيد الحياة منذ مولده هم أيضًا رجال ونساء آخرون مسنون. (ومن الممكن أن تفوق الحيتان الضخمة الثدييات البرية والبعض منها قد يصل إلى سن التسعين، ولكن حتى هذه لا تبلغ حياتها هذا الاقتراب فقط فلا تساوى فترة حياة الإنسان القصوى) .

ولا تشارك البشر أعمارهم الطويلة غير العادية حتى رتبة الرئيسيات **primates** الأخرى. ولم يعرف عن الجيبونات أنها تعيش بعد سن الثانية والثلاثين، والسعلاة تعيش بعد الرابعة والثلاثين والغوريللا بعد الأربعين والشمبانزى بعد الحادية والخمسين من أعمارها.

ويتضح الاختلاف بشكل واضح إذا أخذنا ضربات القلب فى الاعتبار. فكلما كان الحيوان صغيرا كانت ضربات قلبه أسرع، وإن جاز القول تنتهى حياته بشكل أسرع. فإذا أضفنا عدد ضربات القلب التى تحدث فى أقصى فترة حياة حيوان، سيتضح أنه يصل مجموعها الكلى فى عدد مدهش من الحالات إلى بليون ضربة. وبمعنى آخر ، مهما كان الحجم يبدو أن ضربات القلب الثديية مناسبة لبليون ضربة ولا أكثر من ذلك.

ويبدو أن الاستثناء الوحيد هو الإنسان. فعند سن السبعين يكون قلب الإنسان قد دق بالفعل ٢,٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ضربة، وقد تصل ضربات القلب الكلية فى الحالات القصوى إلى ٤,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠، لماذا لا يجب أن يكون هذا معروفًا.

وتعيش الطيور عادة عمرًا أطول من الثدييات المماثلة لها فى الحجم وهذا أمر محير بطريقة ما، لأن حرارة جسم الطيور أعلى ومعدل أيضها أعلى ، لذا كان يبدو أنها تعيش أسرع. ومن ناحية أخرى، فإن لها نظام تنفس أكثر كفاءة مما يوجد لدى الثدييات وقد يساعدها ذلك (على استمرار الحياة).

وهناك قصص عديدة كثيرة عن طيور قديمة بدرجة مفرطة. فقصص الطيور التى تعيش لأكثر من مائة سنة شائعة، غير أن الأعمار الأطول يكون مبالغًا فيها دائمًا.

فلا يوجد طائر تتبعت حياته منذ مولده فصاعداً دون أن يكتنفها خطأ، وعرف أنه عاش لفترة أطول من السبعين سنة.

وعلى هذا قد يكون الإنسان هو الحيوان ذو الدم الحار الذى يعيش لأطول فترة.

وقد يبدو أن الحيوانات ذوات الدم البارد هى الأقدر على بلوغ الرقم القياسى للأعمار فمعدلها الأيضى أقل، ويمكن أن تصبح بليدة فى الطقس البارد وتعيش ببساطة بصورة أكثر بطئًا. إلا أن الثعابين من بين الزواحف لا تعيش بشكل عام بعد الثلاثين من أعمارها إن كانت تعيش بالفعل حتى هذا العمر. والعظاءات والتماسيح القديمة هى الوحيدة التى تصل إلى سن الخمسين.

وهذا يجعلنا نستثنى السلاحف **chelonians** (السلاحف والخنفساء السلحفائية)، التى تعتبر من أبطأ الزواحف الحية على الإطلاق، وهنا توجد حالات موثقة عن بعض سلاحف عاشت لما بعد المائة سنة. ويعتقد أن هناك رقمًا قياسيًا لسلحفاة ماتت فى سنة ١٩١٨ وربما قد تجاوز عمرها مائة واثنتين وخمسين سنة عند موتها.

ومن الممكن أن تعيش بعض الأسماك لما بعد المائة سنة. وهذا يفترض أن يكون سمك الخفش **sturgeons**، على وجه الخصوص، وأحد أسماك الخفش التى اصطيدت فى بحيرة الوودز **Lake of the Woods** على الحدود الكندية الأمريكية قُدِّر أن عمرها وصل إلى ١٥٢ سنة. وهناك أيضًا ادعاءات بطول العمر لبعض حيوانات غير فقارية كبيرة مثل الحبّار العملاق **giant squids** والبطلينوس العملاق **giant clams**، غير أن هذه الأعمار غير مؤكدة.

والنباتات تعتبر شيئًا آخر، فالعديد من الأشجار يمكن أن تعيش أطول من أى حيوان، فالصنوبر الأبيض **white pine** قد يصل عمرها ضعف أكبر السلاحف أو الخفش عمراً، ويصل طول عمرها ثلاثة أمثال عمر الإنسان البالغ من العمر مائة سنة. وفى الواقع، يمكن أن تعيش بعض الأشجار وبخاصة الشجر الأحمر **redwoods** والسكوية **sequoias** لما بعد الألف سنة، ويعتقد أن أكبرها عمراً يمكن أن يصل إلى ٤٠٠٠ سنة.

وأقدم الأشجار جميعا وكل الكائنات الحية - على أية حال - هى أشجار bristlecone pine فى شرقى نيفادا، التى قد يصل عمرها حوالى ٤٩٠٠ سنة. وإن كانت كذلك، فقد أخرجت أول براعمها بعد فترة وجيزة من سنة ٣٠٠٠ ق.م، وتعتبر أقدم من الأهرامات.

افترض، مع ذلك، أننا ننظر إلى خلايا فردية بدلا من الكائنات العضوية متضاعفة الخلايا. فالأشجار حتى وإن كانت الأكبر والأقدم عمراً، فإنها تتكون بشكل كامل تقريباً من مادة ميتة. وتشكل المادة الحية جزءا صغيرا من الكتلة الكلية، ولا تعيش أى من هذه الخلايا لأكثر من ثلاثين سنة دون أن تفقد ذاتيتها من خلال الانقسام أو الاستبدال. وهذا أيضا أكثر وضوحًا فى حالة الكائنات العضوية وحيدة الخلية، والتى - إلى حد ما - يمكن تبين استمراريتها الخلوية إلى بداية الحياة، لكن هذا ينطبق على الكائنات العضوية الأكبر أيضا. فغالبًا ما تتمزق ذاتية كائن عضوى وحيد خلية معين سريعًا عن طريق الانقسام، أحيانا بعد فترة لا تزيد عن بضع دقائق.

مع ذلك لندرس خلايا مخ الإنسان. فهذه الخلايا تؤدى وظائفها بصورة مستمرة دون انقسام أو إحلال لمدة مائة سنة أو أكثر قليلاً إذا عاش الإنسان حتى ذلك العمر. لا توجد خلايا أخرى فى الوجود تحتمل هذا البقاء إلا إذا فكرنا فى الخلايا العصبية فى بعض المخلوقات الأخرى مثل السلحفاة والخفش- ومن يبادل خلية عصبية بشرية بواحدة من هؤلاء؟

تقسيم الزمن إلى فترات (الكرنولوجيا - التسلسل الزمنى للأحداث)

وعلى أية حال فإن (تحديد) العمر ليس لازما للفرد فحسب، ففى حالة الكائنات البشرية - على الأقل - يمكن لكبار السن نقل خبراتهم للأصغر سنا، وبذلك يتكون التراث (أو التراكم المعرفى).

ولسوء الحظ، فالذاكرات معيوبة ويتزايد الغموض وعدم الوضوح عند رواية الحدث وتكرار روايته . والأكثر من ذلك، فنادراً ما تحتوى الحكايات على أرقام أو قياسات

دقيقة فالسنوات الدقيقة لا تُتذكر، وعندما تكون الأرقام ضخمة أو هائلة يجرى تذكرها بما يحقق مصلحة الراوى بل ويتم تضخيمها أكثر وأكثر.

وتحسنت الأمور مع اختراع الكتابة، ولكن حتى مع ذلك فقد كانت تحفظ السجلات بصورة مهملة، ولا يعتد إلا بالأحداث عظيمة الأهمية. والأكثر من ذلك ، فقبل ابتكار الطباعة كان من الصعب عمل سجلات ، وكانت تحفظ فى نسخ قليلة جداً ونتيجة ذلك تتعرض للتلف أو الضياع.

وقبل القرن التاسع عشر، قلما كان يتم الاحتفاظ بسجلات بصورة تفصيلية تلتزم بالدقة التزاماً شديداً، ورغم هذا القصور فى السجلات فلم تكن تحتفظ بها إلا الأمم المتقدمة صناعياً.

وحتى عندما كانت السجلات تحفظ وتصان بعناية، لم تكن هناك أية فرصة لوجود تقسيم دقيق للزمن – أى وصف بدقة متى تم وقوع الحدث بالضبط – إلا إذا كان هناك بعض الطرق المعترف بها للتعرف على سنوات معينة.

ويمكن تحديد السنين ببعض الأحداث الشهيرة على المستوى المحلى: "سنة العاصفة الثلجية الكبيرة"،أو سنتان بعد احتراق مدينة". والمشكلة فى هذا هى أن هذه الأحداث تعتبر أحداثا محلية ولا يدرى بها أحد خارج المنطقة .

اختار أهالى أثينا محافظا ("أرخون") كل سنة وكانوا يحددون السنة بواسطة الأرخون. وبنفس الطريقة، استطاع الرومان أن يحددوا السنة بواسطة القناصل الذين كانوا يتولون مناصبهم فى تلك السنة. ولكى يكون لذلك قيمة، كان يجب أن تكون لدى المرء قائمة دقيقة بالأرخونات أو القناصل وبأن يجعل هذه القائمة تضم آخر أرخون أو قنصل .

كانت تؤرخ الأحداث أحيانا بأنها وقعت فى إحدى السنوات المعينة من حكم هذا الملك أو ذاك . وفى تلك الحالة، كان يجب أن يكون لدى المرء قائمة بالملوك ويعرف المدة التى قضاها كل منهم فى الحكم. وإذا حددت كل أمة الأحداث بأنها وقعت فى سنة معينة من حكم حكامها، حينئذ يكون فى استطاعة المرء أن يوجد علاقة ارتباطية

بفترات الحكم هذه ويعرف متى كان هذا الملك أو ذاك متوجا على أساس حكم كذا وكذا فى مملكة أخرى كذا وكذا. ويكون مفيداً عندما تنشب معركة بين مملكتين وتحدد كل مملكة منها هذه المعركة فى سنة معينة تبعا لنظامها الخاص بها.

وعموما ، من الصعب وضع علاقة ارتباطية للنظم، ولذلك السبب قلما نتأكد من السنة المضبوطة (والحال ينطبق على اليوم المضبوط) الذى وقع فيه حدث معين فى العصور القديمة. فلا يستطيع إنسان أن يعرف من الوصف الموجود فى الكتاب المقدس، اليوم المضبوط، أو لهذا السبب، السنة الصحيحة لميلاد مسيح الناصرة. والعرف هو أنه ولد فى الخامس والعشرين من ديسمبر، وأنه بعد أسبوع آخر ، الأول من يناير بدأت سنة واحد للميلاد فى نظام حسابنا الحالى. وعلى أية حال ، فالمؤرخون يكادون يجمعون على خطأ هذا .

ويبدو أن سلوقس الأول Seleucus I[٩] كان أول شخص يستهل الترقيم البسيط للسنين دون انقطاع ودون اعتبار للملوك أو الولاة أو الأحداث الهامة، وهو أحد القواد المقدونيين الذى تولى خلافة جزء من إمبراطورية الإسكندر الأكبر بعد وفاة هذا الغازى فى سنة ٣٢٣ ق.م.

فى سنة ٣١٢ ق.م استولى سلوقس الأول على بابل وأقام نفسه ملكا على معظم الأراضى الآسيوية التى استولى عليها الإسكندر. وقد اعتبر هذه السنة سنة أولى، وبعدها زادت عدد السنوات بشكل منتظم وسمى هذا التقويم "التقويم السلوقى Seleucid Era".

وكانت أهمية التقويم السلوقى هو أن اليهود وقعوا ضمن ممتلكات الحكام السلوقيين فى سنة ١١٤ بالتقويم السلوقى (السنة المائة والأربعة عشر من التقويم السلوقى، التى تعادل سنة ٨٩١ ق.م.). بعد ذلك استغلوا التقويم السلوقى فى تأريخ أعمالهم، وحيث إنهم قاموا بتجارتهم وأنشطتهم فى كل مناطق البحر المتوسط كان من الممكن مقارنة سنة التقويم السلوقى مع الطرق المحلية للتعرف على السنوات هنا وهناك. وقد كان ذلك مساعداً مهماً فى تأسيس نظام متسق لتقسيم الزمن للعالم القديم كله.

ومن الطبيعي، كانت هناك ملاءمة لوضع سنة البداية بعيداً بالزمن للوراء بقدر الإمكان بحيث تكون هناك فرصة أقل للتعامل مع أحداث قبل سنة واحد، (السنة الأولى) وبذلك نلجأ للتعامل مع الأعداد السالبة. ومن غير الملائم أن تضطر أن تقول إن الإسكندر الأكبر توفي في سنة -١١ ق.س (أي سنة ١١ قبل السنة الأولى في التقويم السلوقي) بالتقويم السلوقي، على سبيل المثال.

والمؤرخ اليوناني تيماويس Timaeus (٣٤٥-٢٥٠ ق.م.) جعل هذه المشكلة أقل احتمالا عندما أدخل نظام الأولمبياد Olympiad system في تاريخه لإيطاليا وصقلية. تجرى الألعاب الأولمبية كل أربع سنوات، وبإحصاء تيماويس للأولمبيات، أرخ بعد ذلك الأحداث التي وقعت في السنة الأولى أو الثانية أو الثالثة أو الرابعة من تلك الأولمبيات.

ولكن من جهة أخرى، متى كانت أول أولمبيات في نظامنا لتقسيم الزمن؟ وضعت أول سنة ألعاب أولمبية وفقًا للعرف المتبع في سنة ٧٧٦ ق.م. ومع ذلك فلسنا متأكدين من هذا التأريخ بالطبع.

وكان إيراتوستينز Eratosthenes العالم اليوناني الذي يعتبر أول من قدر محيط الأرض أيضا أول من قام بدراسة انتظامية لتقسيم الزمن، إذ حاول وضع تاريخ لقائمة الأحداث في أمم مختلفة وفقًا لقاعدة ثابتة. فقد استغل أيضا النظام الأولمبي. وربما عاد إلى أبعد من سنة ٦٧٧ ق.م. مع ذلك، وحاول تأريخ أقدم حدث تاريخي في تاريخ اليونان، وهو حرب طروادة Trojan War. وقد وضع إيراتوستينز تاريخا ثابتا لسقوط طروادة على أنه ٤٠٨ سنة قبل أول ألعاب أولمبية، ولذلك السبب وضعه فيما يمكن أن نسميه سنة ١١٨٤ ق.م.

ونتيجة لذلك يعتبر إيراتوستينز "أبو تقسيم الزمن " (أو بتعبير أدق ضبط السنوات).father of chronology".

وقام الرومان بمحاولتهم لإجراء نظام تقسيم شامل للزمن، من خلال عد السنوات بدءًا من تاريخ تأسيس روما. ومن الطبيعي، لا يوجد أحد يعرف متى تأسست روما، واضطر الرومان أن يقبلوا التخمينات والروايات المختلفة . وقد اعتبر العالم الروماني

ماركوس ترينتيوس فارو[١٠] Marcus Terentius Varro (١١٦-٢٧ ق.م.) تأسيس روما في السنة الثالثة من دورة الأولمبيات الخامسة،أو سنة ٧٥٣ ق.م.

بعد ذلك عد الرومان السنين بدءًا من هذا الزمن. وعلى سبيل المثال فقد وقع اغتيال يوليوس قيصر Julius Caesar في سنة ٧٠٩ من بعد تأسيس المدينة أو سنة ٤٤ ق.م. وفقا لنظامنا. وأيضًا فإن سقوط القسطنطينية في سنة ١٤٥٣، والتي كانت النهاية الأخيرة للإمبراطورية الرومانية وقع في سنة ٢٢٠٦ من بعد تأسيس مدينة روما.

ومن الطبيعي ،لا يعني إنشاء نظام لتقسيم الزمن (ضبط السنوات) أن كل السنوات التي تنسب لأحداث معينة في هذا النظام صحيحة بالضرورة، لكنها تظل تحسينًا هائلاً لما كان من قبل.

والطريقة الفعالة لحساب السنين ليست كافية في حد ذاتها لوضع حدث في يوم بالضبط. فأقدم حدث بشري في التاريخ يعرف باليوم المضبوط هو يوم المعركة التي نشبت بين جيوش ليديا وميديا، وهذا لم يكن كذلك إلا بسبب حادثة فلكية، فقد توقفت المعركة في إحدى بقاع آسيا الصغرى بسبب كسوف كلي غير متوقع للشمس أفزع كلاً من الجيشين. ويستطيع الفلكيون بالحساب بصورة عكسية أن يحددوا اليوم الذي أمكن أن يُرى منه الكسوف الكلي للشمس في آسيا الصغرى في القرن الذي وقعت فيه تلك المعركة، ونحن نعرف لذلك السبب أن تلك المعركة قد نشبت، تقريبا في ٢٨ مايو سنة ٥٨٥ ق.م.

استغل المسيحيون الأوائل التقويم الروماني Roman Era (أو تقويم فارو) في تأريخهم، لكنه لابد أنهم استهجنوا نسبة كل التواريخ إلى تأسيس مدينة وثنية، ظلت لقرون تعذب المسيحيين.

ومنذ أن كان اعتقاد المسيحيين بأن تاريخ العالم كله قد تغير بميلاد المسيح، فقد بدا من المعقول تقسيم هذا التاريخ إلى جزئين: جزء بعد الميلاد وجزء قبل الميلاد. ومن الطبيعي، أن يحدد المرء سنة ميلاد المسيح من خلال التقويم الروماني.

كان أول شخص يحاول هذا هو العالم المسيحى فى القرن السادس ديونسيوس إيجيوس Dionysius Exigus، الذى عمل فى روما. ففى حوالى سنة ٥٢٢ حاول أن يستنبط سنة ميلاد المسيح، وقرر أنه كان فى ٢٥ ديسمبر سنة ٧٧٥٣ من بعد تأسيس روما.

ووفقا لهذا النظام، يعتبر الأول من يناير سنة ٧٥٤ بداية السنة التى نسميها بعد الميلاد فى حين أن الحادى والثلاثين من ديسمبر هو آخر يوم فى السنة التى نسميها قبل الميلاد. وسمى هذا النظام بالتقويم المسيحى Christian Era.

لم ينتشر التقويم المسيحى بصورة فورية. وكان أول عالم استخدمه فى كتاباته التاريخية هو الإنجليزى بيد Bede (٦٧٣-٧٣٥)، وقام شارلمان[١١] Charlemagne (٧٤٢-٨١٤) باستخدامه فى مملكته الكبيرة، لكنه لم يصل للاستخدام العام فى غربى أوروبا إلا فى فترة بعد سنة ١٠٠٠ . وهذه الأيام ينتشر هذا التقويم على نطاق واسع فى العالم المسيحى وغير المسيحى على السواء (على الأقل فى الأغراض الدنيوية والدولية). ويرجع هذا فى الأساس إلى أن أوروبا سيطرت على العالم فى الفترة من سنة ١٧٥٠ إلى ١٩٥٠ .

ومن الغرابة بمكان، أن ديونيسيوس وقع فى خطأ. فالإنجيل يذكر بوضوح أن المسيح ولد أثناء حكم هيرود الأكبر Herod the Great وهو الذى من المؤكد قد مات فى سنة ٧٥٠ من بعد تأسيس روما، والتى تعتبر سنة ٤ قبل الميلاد تبعا للتقويم الديونيسينى. ونتيجة لذلك، لا يمكن أن يكون المسيح ولد بعد سنة ٤ قبل الميلاد (أى قبل أربعة سنوات من مولده)، ويرى بعض العلماء أنه قد يكون ولد فى السنة الحادية عشرة قبل موعد ميلاده المتعارف عليه الآن.

زمن تاريخى

وبعد أن أصبح لدينا نظام مقبول لضبط السنوات وتقسيم الزمن، فإلى أى مدى يمكننا تتبع أحداث التاريخ الماضية إذا ما ارتبطت سنوات بأحداث تاريخية ارتباطا جيداً كأحسن ما يكون ؟.

فى التـاريخ اليـونانى، كمـا قلت، كـان أقدم حـدث تاريخى بذى أهميـة هو حـرب طروادة، التى نشبت فى سنة ١١٨٤ ق.م. وللحقيقة، فقد كانت هناك أحداث أقدم قبلها العـديد من الإغريق على أنها أحـداث مـهـمـة ، مـثل أعـمـال هرقل البطولية وزيوسـوس وبروسيوس وهكذا. ومعظم العلمـاء الإغريق الأواخر، مـع ذلك، اعتبـروهـا من الأساطير ولم يبذلوا جهداً كبيراً فى دراستها كحقائق تاريخية.

بيد أنه كانت هناك مدنيات أقدم من حضـارة الإغريق، فمصـر على سبيل المثال، عاشت حضـارة عظيمـة عندمـا كـان الإغريق لا يزالون رجـال قبـائل بربريين. والقديس المصرى مانثيو Manetho الذى عاش فى فترة ٣٠٠ ق.م. كتب تاريخ مصر باليونانية . وقد قسم حكام مصر منذ الزمن الذى توحدت فيه البلاد وحتى العصر الذى عاش فيه إلى ثلاثين سلالة أو أسرة حاكمة (أى مجموعة الحكام من عائلة واحدة). وقد استُخدم هذا النظام منذ ذلك التاريخ.

كان الملك الثالث فى السـلالة الحاكمـة الثانيـة عشرة هو سيزوستريس الثالث Sesostris III، وفى السنـة السـابعـة من حكمـه ارتفـعت الشـعـرى اليـمـانيـة عند مشـرق الشمس فى زمن فيضان النيل. ومن السـهل للفلكيين أن يحسبوا متى ارتفعت الشـعرى اليمانية بهذه الطريقة، لأنها تحدث مرة كل ١٤٦٠ سنة. وقد حدثت فى سنة ٤١٢ ق.م.، على سبيل المثال، والتى كانت بعد فترة طويلة من عصر الأسرة الثـانية عشـرة. وحدثت أيضـا فى سنة ١٨٧٢ ق.م. وتعتبر هذه السنة السـابعة من حكم سيزوستريس الثـالث. ويمكن أن يحسب كل شىء آخر بعد أو قبل هذا التاريخ.

والأحـداث الأقـدم مـن زمـن سـيزوستريس الثـالـث قـد تكون بعيدة بعقد أو نحـو ذلك، غيـر أنه يبـدو أن المؤرخين واثقـون بصـورة مـعـقـولة من أن تاريخ الـهـرم الأكبر يرجع إلى ٢٥٠٠ ق.م. قـبل حـوالى ثلاثة عشـر قـرنـًا من الحروب الطروادية، وأن مصر توحدت لأول مرة على يد نارمر Narmer من السلالة (الأسرة) الأولى حوالى سنة ٢٨٥٠ ق.م.

كـانت الحـضـارة الأقـدم قليـلا من الحـضـارة المصـرية هى حـضـارة وادى دجلة والفرات، حيث طور السـومريون الكتابة قبل سنة ٣٠٠٠ ق.م بفـترة قصيرة. وكان هذا

النظام هو الأول من نوعه فى أى مكان فى العالم ومن تلك اللحظة بدأ التاريخ، حيث كان يعنى إمكانية تسجيل الأحداث . وربما تسجل هذه الأحداث، بطبيعة الحال، بطريقة خاطئة أو مشوهة. (إما بطريقة غير مقصودة أو بطريقة خبيثة)، لكنها تعد تقدما إذا قيست بالمرويات (الشفهية).

وعلى ذلك يعتبر عمر التاريخ حاليا ٥٠٠٠ سنة.

إحدى مجموعات التفسيرات القديمة لتاريخ البشرية ذات الأهمية الخاصة بالنسبة إلى حضارتنا الغربية هى التفسيرات المبنية على الكتاب المقدس. وبالنسبة لليهود ومسيحيى عصور ما قبل القرن التاسع عشر(وللعديد منهم حتى وقتنا هذا) ليس هناك جزء من الكتاب المقدس أسطورى. فكله كلمات من وحى الله، وهو حقيقى فى كل كلمة من كلماته.

لم يستخدم الكتاب المقدس تقسيمًا للزمن بصورة منتظمة مما أدى إلى ظهور مشاكل. وفى الأسفار الأخيرة من العهد القديم،مع ذلك، هناك ذكر عرضى للملوك المعروفين للمؤرخين اليونانيين. فالملك اليهودى يوشيا(١٢) Josiah ،على سبيل المثال، مات فى معركة مع نيكو Necho، وهو الفرعون المصرى الذى كان يعرف تاريخ حكمه. ويمكن أن يذكر بكل ثقة ، إذن، أن يوشع توفى بسنة ١٤٤ بعد تأسيس مدينة روما أو سنة ٦٠٩ ق.م. وباستخدام هذه العبارات فى الكتاب المقدس، يستطيع المرء أن يرجع للوراء ويتحقق من الحسابات مادامت هناك إشارات واضحة للأحداث المتعلقة بأشور(١٣) Assyria أو بمصر.

فى النهاية، يستطيع المرء العودة إلى سنة ١٠٢٠ ق.م. على أنها تاريخ ارتقاء شاول Saul، أو ملك إسرائيل. كان هذا الارتقاء بعد ١٦٤ سنة من التاريخ التقليدى لحرب طروادة. لم يكن هذا صحيحًا ومقبولاً، لأن اليهود والمسيحيين من قبيل الفخر القومى والدينى أرادوا أن يؤكدوا الدور الأعظم لتاريخهم بالمقارنة بتاريخ الوثنيين.

ولذلك السبب قاموا بمحاولة تتبع أثر أحداث الكتاب المقدس رجوعًا إلى إبراهيم(١٤) **Abraham**، الذى كان يعتبر محطم عبادة الأوثان ومؤسس عبادة رب الكتاب المقدس.

استنتج بصورة منطقية مؤرخ الكنيسة، يوسيبوس القيصرى **Eusebius of Caesarea** (٢٦٠-٣٤٠) زمن ميلاد إبراهيم من نصوص عديدة فى الكتاب المقدس وقرر أن ميلاده حدث فى سنة ٢٠١٦ ق.م. قبل ألف ومائتين وخمسين سنة من تأسيس روما، وقبل ثمانية قرون وثلث من حرب طروادة. وقد أعطى هذا أهمية كبيرة لدور التاريخ اليهودى المسيحى، وأدخل "التقويم الإبراهيمى" **Era of Abraham**.

وعلى أية حال ، إذا تتبع المرء راجعا بالزمن إلى الوراء إلى ميلاد إبراهيم فى الكتاب المقدس، ومن ثم إلى أسلافه المذكورين حتى بدء الخلق ، واضعين فى اعتبارنا عمر كل منهم لأمكننا معرفة السنة التى خلق الله فيها الأرض وفقا للأوصاف التى وردت فى سفر التكوين (السفر الأول فى التوراة).

وإن كان هذا قد تم، يكون لدى المرء "عصرا دنيويا" ("عصر العالم")، ذلك العصر الذى يستطيع المرء من خلاله أن يؤرخ لكل الأشياء، ولا يكون من الممكن أن تصبح فيه سنوات سالبة (بلا أحداث).

بدأ اليهود استخدام هذا النظام فى القرن التاسع، وبحلول القرن الثانى عشر أصبح بالنسبة لهم من الأمور التقليدية ، ووصل إلى الشكل الذى لا يزال موجودا حتى اليوم. ومن حساب الأحبار اليهود، فقد خلق الله الأرض فى سنة ٣٧٦١ ق.م.، قبل ألف ومائتين وخمسين سنة من بناء الأهرام. ومن خلال هذا الحساب يبلغ عمر الأرض حتى وقت إعداد هذا الكتاب ٥٧٤٢ سنة(١٥) .

وقام العديد من العلماء المسيحيين بإجراء حساباتهم الخاصة وتوصلوا إلى أن الخلق قد حدث فى سنة ٥٥٠٠ ق.م. مع اختلاف قابل للجدل فى عقد أو نحو ذلك. وهذا يجعل عمر العالم يبلغ ٧٥٠٠ سنة.

بيد أنه بالنسبة للبروتستانت المتحدثين بالإنجليزية، فإن الحساب الذى له التأثير الأكبر هو حساب جيمس يوشر **James Ussher** (١٥٨١-١٦٥٦)، وهو أسقف

إنجليكانى أيرلندى المولد. فقد استنبط منطقيًا أن خلق الأرض حدث بالضبط قبل ٤٠٠٠ سنة من ميلاد المسيح وبالتحديد سنة ٤٠٠٤، وطبعات الكتاب المقدس التى صدرت برعاية الملك جيمس (وهى الطبعة المعتمدة) التى يقبلها عادة البروتستنت المتدينون فى العالم الناطق بالإنجليزية - عادة ما يوضح فيها العام وفقا لتقويم يوشر Ussher الآنف ذكره فى الهوامش أو على رأس الصفحة (على رأس كل عمود فى الصفحة).

ومن خلال حسابات يوشر فإن عمر الأرض (والكون بطبيعة الحال) عند وقت إعداد هذا الكتاب هو ٥٩٨٥ سنة [١٦] .

الهوامش

(١) نيكولا كوبرنيكوس (١٤٧٣-١٥٤٣): فلكى بولندى وضع نظرية تقول بأن الشمس هى مركز الكون، وأن الأرض ما هى إلا كوكب عادى يدور حول الشمس. قاموس الفلك والفضائيات.

(٢) تقويم شمسي: تقويم أساسه دورة الأرض السنوية حول الشمس. (المترجم)

(٣) leap day أى اليوم الكبيس(المراجع)

(٤) جريجوريوس الثالث عشر: بابا روما(١٥٠٢-١٥٨٥)، ينسب إليه التقويم الجريجورى. (المترجم)

(٥) الآية المشار إليها فى العهد القديم (التوراه وما ألحق بها) (المراجع).

(٦) ولمزيد من الأعمار، فقد أوردنا مجموعة الأسماء التالية من أعمار الأعيان لابن الجوزى: توفى لوط عليه السلام عن عمر ٨٠ سنة، وهاجر أم إسماعيل عن تسعين سنةوالنبى أيوبَ عن ٩٣ سنة، وداود عليه السلام عن عمر ١٠٠ سنة، وشعيب عن ١٤٠ سنة، وهود عن ١٥٠، وإبراهيم الخليل عن ٢٠٠ سنة، والنبى صالح عن عمر ٢٧٠ سنة، وإدريس النبى ٥٦٣ سنة، وسام بن نوح ٥٩٨ سنة، وآدم ١٠٠٠ . أعمار الأعيان لابن الجوزى. تحقيق د. محمود الطناحى مكتبة الأسرة. الهيئة العامة للكتاب.

(٧) موسى (القرن الثالث عشر قبل الميلاد): موسى النبى كليم الله ومؤسس الديانة اليهودية. (المترجم)

(٨) عن معجم المورد: حيوان يشبه الفأر(المراجع)

(٩) سلوقس الأول (توفى عام ٢٨١ قبل الميلاد): أحد قواد الإسكندر الأكبر المقدونى، مؤسس السلالة السلوقية (عام ٣١٢ ق.م). (المترجم)

(١٠) ماركوس فارو: عالم موسوعى رومانى ألف فى مختلف فروع المعرفة. (المترجم)

(١١) شارلمان: شارل الأول: ملك الفرنجة أو الفرنكيين (٧٦٨-٨١٤) وإمبراطور الغرب (٨٠٠-٨١٤) (المترجم)

(١٢) يوشيا: هو ذلك الملك اليهودى الذى قتله الفرعون المصرى فى معركة مجدو، وهو غير يوشع أو على الأقل يوشيا هو الوارد فى العهد القديم. (المراجع)

(١٣) آشور: مدينة قديمة فى العراق أطلالها قرب الشرقاط بمحافظة نينوى. تأسست الألف الثالثة ق.م. مركز عبادة الإله أشور وعاصمة الدولة الأشورية حتى القرن ١١ حين اتخذ تغلاتفلاسرا نينوى عاصمة له. احتلها الفرثيون ١٤٠ ق.م. وازدهرت فى أيامهم، خربتها غزوات الرومان وأتم تدميرها شابور الأول ٢٥٧ . (المترجم)

(١٤) إبراهيم (القرن التاسع عشر قبل الميلاد): إبراهيم الخليل أبو الأنبياء. والد إسحاق وإسماعيل. (المترجم)

(١٥) المؤلف يعرض فكراً يقول به البعض ولا يقرر حقائق علمية كما يتضح من سياق كتابه. (المراجع)

(١٦) نكرر هنا أن هذه حسابات تعتمد على نصوص دينية قد يؤمن بها البعض وقد ينكرها آخرون، وهى حسابات أقل أهمية وموثوقية من حسابات تقوم على القياس العلمى بطرقه المختلفة التى يأخذ بها علماء الجيولوجيا والفيزياء.. الخ (المترجم)

الفصل الرابع عشر

عمر الأرض

مبدأ الانتظامية

يبدو أن استكشاف الزمن قبل القرن الثامن عشر قد وضع الأفق الأقصى للماضي من خلال استنتاجات دنيوية ، بأن عمر الأرض لا يعود لأكثر من بضعة آلاف من السنين من وقتنا الحاضر. هل هذه هي الحقيقة بالفعل؟ هل يمكن ألا يزيد عمر الأرض عن ستة آلاف سنة؟

هناك شواهد على أن أحداثا كبيرة مهمة قد حدثت على الأرض، أحداث يتصور المرء أنها احتاجت زمنًا طويلاً حتى تتحقق. وقد كان الفيلسوف الإغريقي زينوفان Xenophanes (٥٦٠-٤٧٠ ق.م) أول من أشار إلى ذلك في تراثنا الغربي .

فقد كان رجلا منطقيا يشكك تماما في الروايات الإغريقية عن الآلهة والأبطال. ورأى من السخف تصور وجود كائنات إلهية لها شكل بشر، وقال إن الفؤوس إذا استطاعت أن تنحت تمثالاً فإنها تستطيع أن تنحت آلهة تشبه الفؤوس.

وقد لاحظ، على سبيل المثال، أن هناك أصدافا بحرية مدفونة في الصخور الصلدة في المرتفعات الجبلية ، وتوصل إلى استنتاج منطقي بأن المناطق التي تعتبر حاليًا مرتفعة عن سطح البحر لابد وأنها كانت في يوم ما تحت سطح البحر. فقد نشأت المحارات هناك ودفنت أصدافها في الطين وتحول الطين إلى صخر وارتفع الصخر عاليًا في السماء. ولما كانت هذه التغيرات لا تحدث بمعدل محدود في العالم في تلك الفترة، فإنها إما أن تكون قد حدثت بخطوات بطيئة جداً بحيث كانت الأرض قديمة جداً، أو ربما حدثت كارثة هائلة في الماضي القريب.

وفى واقع الأمر ، كانت لدى الإغريق مثل معظم الناس أساطير تتحدث عن الكوارث، وكان زينوفان يهزأ بالأساطير نفسها لكنه ربما رغب فى اعتبارها ذكريات مشوشة حبكت بصورة درامية ووظفت لأحداث حقيقية.

ووفقا لإحدى هذه الأساطير، حاول فيثون Phaethon ابن إله الشمس بواسطة امرأة شريرة دفع عجلة الشمس لمدة يوم، لكنه فشل ولما انحرفت الشمس بعيداً عن مجراها كادت تدمر الأرض قبل أن يتمكن زيوس من ذبح فيثون من خلال هجوم صاعق واستعاد النظام. وأمكن تفسير أى شيء غير عادى على الأرض نتيجة لأحداث ذلك اليوم الرهيب.

وفى أوروبا المسيحية، جرى تفسير نتائج زينوفان وكل المشاهدات المماثلة من خلال كارثة الطوفان العظيم[1] المذكورة فى التوراة.

لقد كان هناك بالفعل طوفان عظيم فى وادى دجلة والفرات قبل زمن بعيد من التاريخ المكتوب. وجاءت الدلالة على هذا الطوفان من الأثرى الإنجليزى شارلس ليونارد وولى Charles Leonard Woolley (١٨٨٠-١٩٦٠)، الذى اكتشف فى العشرينيات طبقات سميكة من الرمل المترسب فى الماء يرجع تاريخها إلى حوالى ٢٨٠٠ ق.م.

تتعرض وديان الأنهار لهذه الفيضانات، غير أن الفيضان الذى حدث فى سنة ٢٨٠٠ ق.م. يبدو أنه كان فيضاناً على درجة من الخطورة، إذ لا بد وأنه قتل الكثير من سكان الوادى وربما كاد أن يدمر معه الحضارة . وكان هذا الحدث يعنى بالنسبة لسكان المنطقة أن نهاية العالم قد أوشكت، ومن غير شك فقد تناقل الناس كثيرا قصة الفيضان . وفى النهاية، وصف الحدث على أنه فيضان على مستوى العالم ولم تبق على قيد الحياة أسرة واحدة .

وسردت القصة بأسلوب درامى فى ملحمة جلجامش[2] Epic of Gilgamesh، التى نشأت مع الحضارة السومرية بعد فترة قريبة من حدوث الفيضان، والتى انتشرت فى كافة أنحاء العالم المتمدن فى ذلك الزمن. وقد التقطها الإسرائيليون ، وفى النهاية سُجل نموذجان مختلفان فى الكتاب المقدس فى الإصحاحات من السادس إلى التاسع من كتاب سفر التكوين. وكان الزمن تبعًا لنظام يوشر الزمنى هو سنة ٢٣٤٩ ق.م.

وتصف التوراة الطوفان بأنه غطى العالم كله وقتل كل حيوان يعيش على البر فيما عدا نوح وزوجته(٣) وأبنائه الثلاثة وزوجات أبنائه الثلاثة والحيوانات العديدة التى اصطحبها معه فى سفينته Ark.

وعلى ذلك يبدو كل شيء منحرفاً على الأرض يلقى فيه باللوم على الطوفان ، ويقال إن كل بقايا الكائنات الحية القديمة قد غرقت فى الطوفان ، وكل الصخور التى لم تعد فى مكانها هى الصخور التى جرفها الطوفان أمامه. وكل التأملات القديمة عن التغيرات البطيئة فى سطح الأرض وعن تكوين دلتاوات الأنهار والتغيرات فى منسوب سطح البحر وعن التآكل، كانت جميعها بسبب الطوفان. فقد نشأت الأرض وفقا لهذا التقدير فى سنة ٤٠٠٤ ق.م (أو فى زمن ليس ببعيد عن هذا التاريخ) وحدثت بها هذه الكارثة الفادحة بعد ١٦٥٥ سنة، وجرت الأمور على هذا الوضع.

ومع ذلك لم يقتنع الجميع: لم تكن الستة آلاف سنة لعمر الأرض بالزمن الكافى. وأول عالم حديث يتحدث عن ذلك بصراحة وبشيء من التفصيل هو العالم الطبيعى الفرنسى جورج لويس ليكلير (دى بوفو) **Georges L.L de Buffon** (١٧٠٧-١٧٨٨). فقد أنفق من حياته خمسين عاماً يكتب وينشر أضخم موسوعة يؤلفها شخص واحد عن التاريخ الطبيعى فى ستة وثلاثين مجلداً (وقد خطط لها أن تكون فى خمسين مجلداً). وفى المجلد الخامس الذى نشر سنة ١٧٨٨ ، قدم أفكاره المتعلقة بتطور الأرض.

وقد شعر بالحاجة إلى زمن أكبر يعلل التغيرات التى طرأت على الأرض بشكل ملحوظ، وافترض أن الأرض قد جاءت إلى الوجود ليس قبل ستة آلاف سنة ولكن قبل ٨٠,٠٠٠ سنة. واقترح أن كلمة الله ليست هى التى خلقت الأرض كما جاء فى سفر التكوين، ولكن جاء خلق الأرض نتيجة اصطدام الشمس بجرم سماوى مماثل. (وسمى بوفون الجرم الغازى مذنَّبا **comet**، لأنه لم تكن تعرف فى ذلك الحين طبيعة المذنبات) .

بعد ذلك وصف مجرى تطور الأرض. فقد بدأت فى حالة منصهرة وبردت ببطء ومن ثم تجمدت، ولم ينشأ الانبعاج المشاهد حاليا الذى حدث للأرض عند مناطقها الاستوائية إلا بعد أن أكملت الأرض دورة حول نفسها. بعد ذلك تجعدت قشرة

الأرض الصلبة واتخذت شكل الجبال، وتكثف بخار الماء الموجود فى الجو وتكونت منه المحيطات، ونشأت المخلوقات البحرية منذ حوالى ٤٠,٠٠٠ سنة، واحتجزت بعض الكائنات العضوية الأولية فى الطين حتى تكونت منها الحفريات. بعد ذلك تسربت بعض المياه خلال الصخور إلى باطن الأرض حتى ظهرت الأرض الجافة. وفى الأرض الجافة، ظهرت الحيوانات وفى النهاية ظهر الإنسان. وتخيل بوفون أيضًا شكلاً للتطور من خلال الانحلال **degeneration** - إذ تنحل بعض الخيول إلى حمير وبعض الناس إلى أشباه إنسان. وهكذا.

وعلى الرغم من أن بوفون قد وجد تفسيراً لذلك من خلال تمحيص كل الاحتمالات بعناية واستخدامه أسلوب الملاحظة بل وقام بإجراء التجارب عندما أتيح له ذلك، لكنه لم يستطع أن يصمد أمام قوة الدين المهيمنة ، وقد أُجبِرَ على الرجوع عن أفكاره.

بيد أنه فى سنة ١٧٩٨، السنة التالية لوفاة بوفون، اندلعت الثورة الفرنسية وأخذ نفوذ الكنيسة يتضاءل إلى حد بعيد. وأصبح فى مقدور العلماء أن يتجاهلوا الأساطير البابلية القديمة حتى فى صورتها التوراتية والتفكير فى تاريخ الأرض على أساس قائم على البرهان . وبدأ أفق الزمن يمد جذوره إلى الماضى.

بدأت مهمة مد جذور الزمن إلى الماضى على يد الجيولوجى الأسكتلندى جيمس هيوتن **James Hutton** (١٧٢٦-١٧٩٧). فقد أقنعته دراسته الجادة لتربة الأرض - كما أقنعت آخرين من قبله - بأنه كان هناك تطور بطىء فى تركيب سطح الأرض. فقد بدا واضحًا له أن بعض الصخور قد استقرت فى الأرض وترسبت وانضغطت ، وانصهرت الصخور الأخرى فى باطن الأرض، وبعد ذلك ظهرت على سطح الأرض بفعل البراكين، وتعرضت الصخور الخارجية لعوامل التعرية بفعل الرياح والمياه، وهكذا.

كانت إضافة هيوتن العظيمة لكل هذا هو اقتراحه بأن القوى التى تعمل الآن ببطء على تغيير سطح الأرض كانت تعمل بنفس الطريقة وبنفس المعدل طوال ماضى الأرض. شعر بأن "مبدأ الانتظامية"(٤) **uniformitarian princple**، العامل الرئيسى الفعال الذى يدفع كل هذه التغيرات البطيئة هو الحرارة الداخلية للأرض. فالأرض، بالاختصار، كانت آلة حرارية عملاقة.

وبالنسبة لهيوتن، بدا كما لو أن تاريخ الأرض لا بد وأنه كان طويلاً جداً ، لأنه على الرغم من أن التأثيرات المتضمنة كانت بطيئة للغاية إلا أنه برغم ذلك احتاجت التغيرات الهائلة زمنا لتحدث فيه. وقال : "بما أنه لم يكن هناك أثر لبداية خلق الأرض فلا يتوقع أن تكون لها نهاية".

في سنة ١٧٨٥، نشر هيوتن كتاب نظرية الأرض **Theory of the Earth** وقدم فيه أفكاره، ولهذا السبب أصبح هيوتن يعرف "أبو الجيولوجيا."

وكانت هناك بالطبع مقاومة شديدة لأفكار هيوتن، بيد أن المؤسسة الدينية في بريطانيا العظمى لم تكن قوية بالقدر الكافي حتى تجبره على التراجع. وبالإضافة إلى ذلك، فحتى خصومه أُجبِروا على الاقتناع بعمر الأرض المديد. فما كان على خصومه أن يفعلوه هو المواءمة بين الدلالة الواضحة بعمر الأرض المديد مع عمر الأرض القصير الذي عرضه الكتاب المقدس بشكل واضح .

حاول العالم الطبيعي السويسري شارلس بونت **Charles Bonnet** (١٧٢٠-١٧٩٣) أن يفسر الحفريات العديدة التي تكتشف بشكل متزايد في الصخور بافتراض أنه بين كل فترة وأخرى كانت تمر الأرض بكارثة تفني كل صور الحياة الموجودة فوقها، وتخلف وراءها آثاراً في صورة حفريات - بعدها يبدأ كل شيء بصورة جديدة. وهذا ما كان يطلق عليه بنظرية التدميرية(٥) **catastrophism** في مقابل الانتظامية.

جعلت التدميرية أن من الممكن القول إنه حتى على الرغم من أن الأرض لو كانت موجودة منذ زمن بعيد، فقد يفترض الناس أن كارثة أخيرة قد وقعت منذ ستة آلاف سنة وبعدها خلق الله الأرض بالصورة الموجودة عليها حاليا كما عرضها الكتاب المقدس.

جعلت الكوارث العلماء يتجنبون افتراض أن صور الحياة تتطور وتتغير . ومع أن الحفريات وما يشابهها ذات الاختلافات الجوهرية بالنسبة للكائنات الحية قد جعلت من فكرة التطور مسألة حتمية، إلا أنه يمكن إنكارها لو اعتقد بجزم أن الحفريات انتمت إلى المخلوقات السابقة وليست لها علاقة بالحياة الحاضرة.

ودرس جيولوجي أسكتلندي آخر هو شارلس ليل Charles Lyell (١٧٩٧-١٨٧٥) أفكار هيوتن وفكرة الانتظامية. وبين سنة ١٨٣٠ وسنة ١٨٣٣ نشر كتاب مبادئ الجيولوجيا The Princples of Geology في ثلاث مجلدات. وأعد الكتاب بشكل جيد وبيع منه الكثير. وقد ساعد التقديم الواعي وتحليل الدلائل على تأسيس مبدأ الانتظامية(٦). وأصبح كَوْن عمر الأرض قد دام لأكثر من ستة آلاف سنة مسألة غير خلافية بين العلماء. وأن عمر الأرض بالفعل أكثر من ستة آلاف سنة بل وأكثر من ذلك بكثير جدا.

بقاء الطاقة

كان السؤال: ما هو مقدار بقائها ؟

إذا أقر المرء بمبدأ الانتظامية، فقد يستطيع قياس المعدل الذي يحدث به تغير مستمر، وبعد ذلك يحسب المدة التي تطلبها حدوث نتيجة نهائية، مثل معدل نمو دلتا النيل، والمدة التي استغرقتها حتى تتكون؟ ما مدى سرعة تكوّن مواد رسوبية، والفترة التي تحتاجها نتيجة لذلك حتى يتكون صخر رسوبي؟

أو افترض أننا سنبدأ بالمحيط، كان الماء عذبا وبالتدريج تحول ماء المحيط العذب إلى ماء مالح من خلال بقايا الملح الناضح من الأراضي عن طريق العديد من الأنهار. فإذا حُلل المحتوى الملحي لمياه النهر وقُدرت كمية مياه النهر المنقولة منه إلى المحيط فمن الممكن أن نثبت أن المحيط قد استغرق فترة ألف مليون سنة حتى صار بالملوحة الموجود بها حاليًا.

لم تكن هذه الفترة بالفترة التي لا تقبل النقض (أي لا تقبل التغير والتبدل)، لأن المرء لم يكن متأكداً من أن الأنهار قد سلكت في الماضي سلوكها الحالي، أو أن بعض الأذرع الضحلة من البحار لم تتقلص وتتبخر وخلفت وراءها الملح على أرض جافة وأن هذا الملح كان أساسه من أملاح المحيطات.

وعلى الرغم من ذلك، فإن كل طرق تحديد عمر الأرض عن طريق قياس المعدل البطيء للعمليات الجيولوجية ووضع النتائج الكبيرة فى الاعتبار، جعل من الواضح أن عمر الأرض لا يقل عن مئات الملايين من السنين.

وبالطبع، فقد كان هذا يسيراً بالنسبة للجيولوجيين، وكان أيضا يسيراً بالنسبة للبيولوجيين، بفضل الآراء الجديدة عن التطور البطيء لصور الحياة.

درس الجيولوجى الإنجليزى ويليام سميث **William Smith** (١٧٦٩-١٨٣٩) الحفريات بعناية، وأوضح أن الطبقات المختلفة للصخر بها حفريات متميزة بذاتها حتى أن المرء يمكنه تتبع الطبقة الواحدة لعدة كيلومترات فى منطقة ريفية ويجد دائمًا هذه الحفريات المتميزة فى كل طبقة . والأكثر من ذلك، كلما كانت الطبقة الصخرية أعمق كان من المفترض أنها أقدم ، وكلما تنوعت أشكال حفريات الكائنات الحية. نشر سميث ملاحظاته فى سنة ١٨١٦، وقد أعطى هذا دفعة قوية للأمام لفكرة النشوء البيولوجى - التغير البطيء للكائنات من نوع لآخر ، من أشكال أولية إلى أشكالها الحالية.

وبالطبع، لم تكن حقيقة النشوء هى التى أزعجت البيولوجيين بل آلية النشوء. ما الذى جعل التغير يطرأ على أنواع الكائنات؟

فى سنة ١٨٠٩، حاول العالم الطبيعى جان باتيست لا مارك **Jean Baptiste de Lamarck** [٧] (١٧٤٤-١٨٢٩) الإجابة عن هذا السؤال ، فقد افترض أن الحيوانات تتغير بعض الشىء خلال فترة حياتها نتيجة لنشاطها الطبيعى. وعلى ذلك، فإن ظبيا يتغذى على أوراق شجر سوف يزداد طوله بشكل مستمر، وسوف تستطيل رقبته بدرجة طفيفة نتيجة لهذه العملية (كلما مارس عملية الأكل من أوراق الأشجار العالية). تنتقل هذه الرقبة الطويلة إلى صغاره، والتى ستواصل العملية إلى أن يتحول الظبى فى النهاية إلى زرافة. ومع ذلك، فلم تتضح هذه الوراثة للصفات المكتسبة بشكل كاف. فلم تعط تفسيراً عن كيف اكتسب الزراف جلده المبرقش، وهو الشىء الذى لا تتميز به الظباء الأخرى . وكان الجلد المبرقش مفيدا لاستخدامه كتمويه طبيعى، ولكن هل فعلت الزراف أى شىء جعلها تصنع الجلد المبرقش؟

بيد أنه فى سنة ١٨٥٩، نشر العالم الطبيعى الإنجليزى شارلس داروين Chrles Robert Darwin (١٨٠٩-١٨٩٢) كتابه أصل الأنواع Origin of Species. تحدث فى كل جيل تغيرات عشوائية من فرد لفرد، وهؤلاء الأفراد الذين كانوا أقوى أو أسرع أو أعنف، أو كانت لديهم قدرة تحمل أكبر، أو كانوا يتمتعون بجلد تفاعل بصورة جيدة مع البيئة، كانت لهم فرصة أفضل للعيش والتناسل. وعلى المدى الطويل، تصبح هناك تغيرات متدرجة تفضل تكيف النوع مع بيئته، وتغير كاف يعطى نوعًا جديداً يكون أفضل من النوع القديم فى بعض السمات .

واجه الزعماء الدينيون التقليديون فى ذلك العصر هذه الفكرة بمقاومة شبه هستيرية (ولا يزالون حتى اليوم) ،غير أن المجتمع العلمى قد قبلها وقبلها هؤلاء الذين فكروا من خلال أسس تختلف عن أسس التراث والتقيد بالنص والعاطفة.

وكان المطلوب مرور فترة زمنية طويلة حتى تؤتى فكرة النشوء والارتقاء الداروينى ثمارها (أو تنجح أى نوعية من الأفكار المحسنة والمعدلة لهذه الفكرة ،التى قدمت منذ ذلك الحين). فالاختيار الطبيعى غير الموجه عندما يختار من بين تغيرات طفيفة عشوائية، فإن معظمها تتطلب فى أسوأ الأحوال زمنًا طويلاً، ومن الواضح أنه لكى يحدث التغيير فإنه يتطلب ملايين السنين.

ولذلك جاءت النتيجة محبطة ، فحتى عندما كان داروين يتقدم بنظريته بدا أن عمر الأرض يتقلص بشكل مفاجئ، فلم ينقص إلى ستة آلاف سنة، لكنه نقص بمقدار كبير نتيجة للمكتشفات الجديدة فى الفيزياء.

فى أربعينيات القرن التاسع عشر، أصبح من الواضح تمامًا أن هناك صوراً عديدة للطاقة، وأن إحدى الصور يمكن أن تتحول بسهولة إلى صورة أخرى. بيد أنه إذا أخذت الحرارة فى الحساب على أنها صورة من صور الطاقة، فسوف تتحول صور الطاقة من إحداها إلى الأخرى دون أن يحدث لها إفناء أو استحداث .

وفى النهاية وضع الفيزيائى الألمانى هيرمان لودفيج هيلموهولتز Herman Ludwig von Helmohltz (١٨٢١-١٨٩٤) أفكاره فى قالب كلامى بشكل واضح ومقنع. ففى

سنة ١٨٤٧، وبهذه الكلمات ثبت واستقر قانون بقاء الطاقة "law of conservation of energy". فهو ينص على أن الطاقة على الرغم من أنها تتغير من صورة لأخرى فإنها لا تستحدث ولا تفنى.

وبعد أن وضع هيلموهولتز الأساس لهذا القانون بدأ يدرس الشمس.

فقد كان يفترض دائمًا أن الشمس أبدية أو أنها ستظل باقية إلى أن تضع المشيئة الإلهية النهاية لها. وقد كان ينظر إليها على أنها وعاء للضوء وهذا الضوء أنار الأرض.

ومع ذلك فإن مصادر الضوء على الأرض تستمر فى عملها فى الإضاءة فقط مادام هناك شيء يحترق. وعندما ينفد الوقود ينطفئ الضوء . وقد يجادل المرء بأن الضوء السماوى له قوانين أخرى، غير أن هيلموهولتز شعر بأن قانون بقاء الطاقة قانون كونى. فالشمس تدفع بكميات ضخمة من الطاقة ويجب أن تأتى هذه الطاقة من مكان ما.

لو كانت الشمس مستوقد فحم ضخم، إذن ، فمن خلال المعدل الذى كانت تشع به الطاقة، فسوف تحترق كل مادة الشمس فى غضون ١٥٠٠ سنة. ولما كان من الواضح أن الشمس موجودة منذ ما لا يقل عن ٦٠٠٠ سنة، فحتى وفقا للمؤمنين المتشددين بالكتاب المقدس، فلا بد أن يكون هناك مصدر آخر أكثر وفرة من الفحم المحترق.

درس هيلموهولتز احتمالات مختلفة ، ووجد أن كلا منها ضعيفًا. وكانت النتيجة النهائية التى توصل إليها فى سنة ١٨٥٤، هى أن الشمس كانت تتقلص، وكانت مادتها تتهاوى نحو الداخل بسبب جذب الجاذبية، وبفعلها هذا، كانت تتحول طاقة حركة السقوط (الطاقة الحركية) إلى إشعاع. كانت الشمس من الضخامة لدرجة أن قدراً صغيراً من السقوط وفَّرَ كل ما هو مطلوب لإشعاعها. وعلى مدى تاريخ المدنية، كان التقلص الكلى للشمس من الصغر بحيث لم يكن فى الإمكان اكتشافه بالأجهزة الموجودة فى زمن هيلموهولتز.

هل من الممكن أن يكون عمر الأرض أكثر قدما من عمر المدنية ؟ لو تخيلنا أنفسنا نعود بالزمن أبعد وأبعد للوراء ، كانت الشمس أكبر وأكبر. ولن تكون الشمس أقدم

بملايين السنين من الأرض حتى تصبح على درجة من الضخامة تجعلها تبتلع الأرض، وعلى هذا لا يمكن أن يكون عمر الأرض أقدم بملايين السنين كحد أقصى مطلق، أى لابد أن يكون عمر الشمس أقدم بفترة زمنية ليست طويلة من عمر الأرض .

ولم يبد من المحتمل أن هذا الحد الأقصى بالفترة الزمنية الكافية حتى يفسر الجيولوجيون التغيرات المرصودة فى قشرة الأرض، أو يفسر البيولوجيون التغيرات النشوئية الارتقائية.

وقد اتضحت الصورة من البحث الذى قام به الفيزيائى الأسكتلندى ويليام طومسون[8] **William Thomson**، الذى لُقِّب فيما بعد باللورد كلفن (١٨٢٤-١٩٠٧). ففى سنة ١٨٤٦، أوضح أنه إذا نشأت الأرض كجزء من الشمس (كما أصر على ذلك بوفون قبل ذلك بستين عاما)، لكانت قد احتاجت إلى زمن يصل إلى ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة حتى تبرد من درجة حرارة سطح الشمس إلى درجة حرارتها السطحية الحالية (أى الأرض).

بعد ذلك، أيضا، كان للأرض انبعاج استوائى نشأ بسبب دورانها حول محورها، غير أن سرعة دورانها الحالية ليست بالقدر الكبير الكافى ليعطى لها هذا الانبعاج. ومع ذلك، فدوران الأرض يتباطأ بصورة تدريجية بسبب تأثير مد وجزر القمر. لابد وأنه كان هناك زمن فى الماضى، كان فيه الدوران أسرع حتى أحدث هذا الانبعاج. وفى ذلك الوقت كانت الأرض على درجة من السخونة صارت معها سائلة. وبعد أن حدث الانبعاج، بردت الأرض إلى درجة التصلب وتجمد الانبعاج فى موضعه. وظل الانبعاج على حاله عندما استمر دوران الأرض فى التباطؤ وأصبح على درجة من البطء الذى يعلل مقدار الانبعاج. أظهرت حسابات كلفن على هذا الأساس، أيضًا، أن الأرض تصلبت وأصبحت موقعًا يمكن أن تنشأ فوقه الحياة منذ ما لا يزيد عن مائة مليون سنة.

هذا ما قام به كلفن قبل أن ينشر هيلموهولتز نظريته عن احتفاظ الشمس بإشعاعها أثناء تقلصها . وبمجرد أن نشرت نظرية هيلموهولتز ، حسب كلفن مقدار الإشعاع الذى سينتج لو بدأت الشمس بكرة قطرها ٣٠٠ مليون كيلومتر (ونتيجة لذلك

يشغل هذا القطر مدار الأرض) وتقلصت بعد ذلك إلى حجمها الحالى. وبالمعدل الحالى لانطلاق الطاقة ، كان انكماش الشمس سيتم فى زمن قدره ٢٥ مليون سنة. ومن الواضح أن الأرض لم تكن موجودة عندما كانت الشمس بهذه الضخامة حتى امتد سطحها للأرض نفسها.

إذن ، بات من الواضح من كل هذه الحجج، ألا يحتمل أن يكون عمر الأرض أكثر من ١٠٠ مليون سنة، ومن المحتمل تماما ألا يكون عمرها أكثر من ٢٥ مليون سنة. ولم يكن هذا العمر – ببساطة طويلاً – بقدر كاف بالنسبة للجيولوجيين والبيولوجيين ولم تكن الفروق بينهما كبيرة.

النشاط الإشعاعى

ومن جهة أخرى، فى سنة ١٨٩٦، اكتشف الفيزيائى الفرنسى أنطوان هنرى بيكريل[٩] Antoine Henry Becquerel (١٨٥٢–١٩٠٨) بمحض الصدفة أن مواد معينة كانت تبعث إشعاعا بصفة مستمرة. وسميت الظاهرة بالنشاط الإشعاعى radioactivity. وأوضح الفحص المستمر لهذه الإشعاعات بواسطة العديد من الفيزيائيين أن المعادن الثقيلة مثل اليورانيوم والثوريوم هى التى تشع، وأن هذا الإشعاع يحدث لأن الذرات تتفكك[١٠]. وفى تلك العملية، كانت تنطلق الحرارة بصورة مستمرة. ففى مكان ما فى الذرة كان هناك مصدر طاقة، ذلك المصدر الذى لم يكن متوقعا فى ذلك الحين. أصبح هذا المصدر الجديد للطاقة يسمى بالطاقة النووية nuclear energy[١١].

وقد غير هذا كل شىء. ويقينا، فإن تفكك ذرة مشعة واحدة يحدث كمية ضئيلة من الحرارة، وكان عدد قليل جدا من الذرات فى عينة عادية من المادة يتفكك – وكان ذلك سببًا فى عدم اكتشاف الطاقة النووية خلال العصور الطويلة من عمر البشرية. وعلى الرغم من هذا، فلو كانت قد درست كل الذرات المتفككة فى الأرض ذاتها كل ثانية، لكان سيتوفر قدر كاف من الحرارة لحفظ الأرض على درجة حرارتها الحالية لزمن طويل جدا.

ونتيجة لذلك، فائة حسابات اعتبرت أن الأرض تبرد بمعدل منتظم وسريع منذ أن كانت جزءا من الشمس هى حسابات لا أساس لها من الصحة. فبفضل النشاط الإشعاعى بردت الأرض بصورة بطيئة فعلا ويمكن رفض فترات الحياة القصيرة المبنية على معدلات البرودة .

وكذلك أيضا، فقد تكون الطاقة النووية وليس التقلص هو مصدر طاقة الشمس والإشعاع. وفى تلك الحالة، ربما كانت الشمس تشع بمعدلها الحالى منذ بلايين السنين دون أن يطرأ أى تغير ملحوظ فى حجمها، ويمكن أيضا رفض التقديرات التى تتضمن تقلصها المنتظم.

ومع بداية القرن العشرين، أى، بعد خمسين سنة من الشك المزعج، جاء يوم أصبح فيه من المحتمل التفكير فى الأرض على أنها قديمة جدا، لإعطاء المجال للجيولوجيين والبيولوجيين لكى يقدموا نظرياتهم وأرصادهم .

وفى واقع الأمر، قدمت ظاهرة النشاط الإشعاعى للعلماء وسيلة قياس لعمر الأرض بصورة أفضل من أى شيء آخر كان متاحا من قبل.

فى سنة ١٩٠٤، أوضح الفيزيائى أرنست رزفورد **Ernest Rutherford** النيوزيلندى المولد (١٨٧١-١٩٣١) أن أنواعًا معينة من الذرات المشعة تتحلل (تتفكك) بمعدلات ثابتة، وأى ذرة قد تتحلل (تنشطر) فى لحظة غير متوقعة، ولكن إذا أخذ عدد كبير جداً من الذرات من نوع معين مجتمعة لاتبعت القواعد المستنبطة لما يسمى بتفاعل أول رتبة **first-order reaction** .

وفى تفاعل كهذا، يتفكك (ينشطر) نصف عدد الذرات بعد فترة زمنية معينة ولنقل،س، من السنوات. ويتفكك نصف ما يتبقى بعد عدد س أخرى من السنوات ، ويتفكك نصف ما يتبقى بعد س أخرى من السنوات وهكذا. أطلق رزرفورد على تلك الفترة الزمنية (س) نصف العمر **half-life**. ولكل نوع من الذرات المشعة نصف عمره المميز، من الصغير جداً إلى الكبير جداً.

ويعتبر اليورانيوم هو أول عنصر يكتشف له صفة الإشعاعية ؛ فاليورانيوم يوجد فى صورتين (أو نظيرين) فى الطبيعة:اليورانيوم -٢٣٨ واليورانيوم -٢٣٥ . والنظير

الأول نصف عمر ٤٥٠٠ مليون سنة وللنظير الثانى نصف عمر ٧٠٠ مليون سنة. ولما كان قد أصبح من المألوف أن الألف مليون سنة تساوى دهراً، فربما يمكننا القول بأن نصف عمر اليورانيوم -٢٣٨ يساوى ٤,٥ دهراً وأن نصف عمر اليورانيوم -٢٣٥ يساوى ٠,٧ دهراً.

والثوريوم هو ثاني عنصر وجد أنه مشع ، إذا يتكون من صورة واحدة فقط هى الثوريوم -٢٣٢، وأن له نصف عمر يساوى ١٣,٩ دهراً.

وفى سنة ١٩٠٤ ذاتها، أتى الفيزيائى الأمريكى برترام بوردن بولتوود Betram Borden Boltwood (١٨٧٠-١٩٢٧) بالدلالة الأخيرة وهى أن ذرات اليورانيوم والثوريوم أثناء تفككها (انشطارها) تصبح ذرات لعناصر أخرى، والتى بدورها تنشطر خلال سلسلة طويلة من هذه الأحداث إلى أن تنتهى فى صورة نظائر مستقرة من الرصاص. فاليورانيوم -٢٣٨ يتحول فى النهاية إلى رصاص -٢٠٦، واليورانيوم -٢٣٥ يتحول فى النهاية إلى رصاص -٢٠٧، والثوريوم -٢٣٢ يتحول فى النهاية إلى رصاص-٢٠٨ .

وبالتفكير فى هذه العملية بصورة أوسع، أشار بولتوود Boltwood فى سنة ١٩٠٧ ، إلى أنه يمكن استخدام صور الانشطار هذه فى تحديد عمر صخر- أو على الأقل طول الفترة التى ظل فيها الصخر صلبًا ولم يفقد تماسكه . وعن طريق قياس كمية اليورانيوم -٢٣٨ والرصاص -٢٠٦ فى صخر معين، يستطيع المرء أن يحسب الفترة الزمنية التى أخذها الرصاص -٢٠٦ ليتحول من اليورانيوم -٢٣٨، من خلال معرفة نصف عمر الأخير (اليورانيوم).

وهناك خدعة ، ليس كل الرصاص هو ناتج اليورانيوم والثوريوم، فقد يكون هناك البعض منه (الرصاص) موجوداً فى الصخر منذ البداية. ومع ذلك، فهناك صخور لا تحتوى على يورانيوم ولا ثوريوم على الإطلاق، ومن المحتمل ألا يكون بها أبداً، ومع ذلك فقد يوجد بها رصاص.

ولحسن الحظ، فهناك طريقة تسمح بذلك. يتكون الرصاص ، فى الطبيعة، من أربعة نظائر، وتتكون ثلاثة منها من اليورانيوم والثوريوم، لكن النظير الأخير،

الرصاص -٢٠٤ لا يتكون من هذين العنصرين. وأى رصاص من النظير -٢٠٤ كان موجودا فإنه كان موجوداً منذ نشأة الأرض فى البداية.

وعلى قدر علمنا، فى عينات الرصاص التى لم تكن مصاحبة لليورانيوم أو للثوريوم، يوجد دائما ٤٧ ذرة من الرصاص -٢٠٦ لكل ٣ ذرات من الرصاص -٢٠٤. ولذلك السبب، إذا وجد كل من اليورانيوم والرصاص فى صخر، فيجب أن نحلل أولاً كمية الرصاص -٢٠٤ . فإذا ضربت هذه الكمية فى ٤٧/٣، نستطيع إذن أن نحصل على كمية الرصاص -٢٠٦ التى كانت موجودة وليس مصدرها اليورانيوم. وأية كمية من الرصاص -٢٠٦ موجودة أكثر من هذه الكمية كانت ناتجة من انشطار اليورانيوم.

هذا النوع من الاختبارات لم يعط عمر الأرض فى الحال. فليست كل الصخور تحتوى على كميات كبيرة من اليورانيوم، وهى تلك الصخور التى حدث بها انصهار فى حقبة من أحقاب الماضى. ودائما ما يصهر النشاط البركانى الصخور، وربما كان هناك العديد من فترات النشاط البركانى خلال تاريخ الأرض. وقد انصهرت معظم الصخور فى وقت أو آخر أو انكسرت بفعل التعرية أو الإذابة، وفى تلك الحالات، من المؤكد أن كان اليورانيوم والرصاص منفصلين، حيث يستجيب كلا العنصرين بطرق مختلفة للتغيرات الجيولوجية ، عندما لا يتجمدان إلى صخر صلب.

ولكى نخرج بنتيجة مفيدة من اليورانيوم والرصاص فى صخر، حينئذ، فلابد أن يكون هذا الصخر غير مقلقل (متحول) بفعل الانصهار أو التعرية أو الإذابة لفترة طويلة. ولذلك السبب يستطيع المرء أن يحدد فقط العمر الذى ظل خلاله الصخر غير مقلقل (متحول) ، وهذا العمر قد يكون أقل بدرجة كبيرة من عمر الأرض.

وعلى الرغم من هذا، كان من الممكن إيجاد صخور، والتى - من محتوى اليورانيوم والرصاص - كان جليا أن عمرها يزيد عن ألف مليون سنة. ومن هذا التاريخ، كان أقدم صخر تم قياسه موجوداً فى غرب جرينلند، واتضح أن عمره حوالى ٣,٧ ألف مليون سنة، أو ٣,٧٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة.

ولم يعط هذا العمر إلا أقل عمر ممكن للأرض ، فربما تكون الأرض أكثر قدماً من هذا العمر، ولكن ربما لا توجد قطعة صخر قد ظلت بلا مساس طيلة هذا العمر.

هل هناك طريقة نستطيع بها استبيان أفق الزمن فيما وراء عمر الصخور غير المقلقلة (المتحولة أو المضطربة التكوين undisturbed)؟(*)

تكوُّن المجموعة الشمسية

تبعا لما جاء بالكتاب المقدس، فليست الأرض وحدها بل الكون كله بما فيه القمر والشمس والكواكب والنجوم تكونت جميعها منذ ٦٠٠٠ سنة. ربما يكون الزمن خطأ، ولكن إذا تكوّن الكون كله في نفس الوقت، إذن ، فإذا أمكننا تحديد العمر الحقيقي لأي جرم فلكي فيمكننا أيضا أن نحصل منه على عمر الأرض.

ولكن هل ظهر الكون كله مرة واحدة إلى الوجود ؟ ليس بالضرورة، فقد افترض بوفون، على سبيل المثال، أن الأرض تكونت من الشمس خلال تصادم مأساوي للشمس مع جرم آخر. فلو كان هذا ما حدث حينئذ فلابد وأن كانت الشمس موجودة منذ عدة آلاف الملايين من السنين قبل أن تنشأ الأرض. وفي تلك الحالة،مع ذلك، فقد تكون الكواكب المختلفة ، على الأقل، قد نشأت في وقت متزامن.

بيد أنه في سنة ١٧٩٥ ، افترض الفلكي الفرنسي بيير سيمون دي لا بلاس Pierre Simon de Laplace (١٧٤٩-١٨٧٢) أن المجموعة الشمسية كلها بما فيها الشمس قد نشأت من سحابة دوامية ضخمة من الغبار والغاز تسمى سديم nebula (من كلمة لاتينية بمعنى سحابة).

وقد تقلصت السحابة بفعل جذب جاذبيتها، وأثناء تقلصها ازداد معدل دورانها وفقا لقانون حفظ كمية التحرك الزاوي law of conservation of angular momentum. وفي النهاية، دارت السحابة حول نفسها بسرعة بصورة مغزلية، وطورت بصورة ضخمة انبعاجاً استوائياً بحيث فككت حلقة بأكملها من المادة خط استوائها وتكثفت في صورة كوكب. وتكرر هذا مرات ومرات إلى أن أصبح ما تبقى من السحابة هو الشمس .

(*) يرى المراجع أن المقلقلة كمقابل عربي للكلمة الإنجليزية undisturbed لا تفي بالمعنى في هذا السياق، فأضاف ما بين القوسين لتقريب المعنى قدر الإمكان (المراجع)

كان الافتراض السديمي شائعًا جدًا طوال القرن التاسع عشر. فإذا قبلت هذه الفرضية، إذن سيظهر أن الكواكب الأكثر بعدًا من الشمس هي الأقدم عمرًا، وأن البقية هي الأصغر عمرًا في النشأة كلما اقتربت من الشمس - والشمس ذاتها تعتبر أصغر الكواكب عمرًا. وحتى في هذه الحالة، مع ذلك، فقد يكون القمر من نفس عمر الأرض، حيث يحتمل أن يكون القمر قد تكون من نفس الحلقة التي تكونت منها الأرض.

ومع ذلك ، لم يحتفظ الافتراض السديمي بشعبيته. فقد تبين أن الكواكب بها ٩٨٪ من كل كمية الحركة الزاوية[١٢] (أي من كل المحتوى الدوّار، إن جاز القول) في المجموعة الشمسية، وما يخص الشمس ٢٪ من كمية الحركة الزاوية. ولو تكونت الكواكب من حلقات من المادة انفصلت من الكتلة الرئيسية للسديم المنكمش ، فكيف أمكن لهذه الحلقات الصغيرة نسبيا أن تجمع كل كمية الحركة الزاوية؟

ولهذا السبب، أحيا الجيولوجي الأمريكي توماس شرودر تشمبرلين Thomas Chrowder Chamberlin (١٨٤٣-١٩٢٨) في سنة ١٩٠٠ فكرة بوفون. فقد افترض أن نجمًا آخر اقترب من الشمس في الماضي السحيق، وأدى تأثير جاذبية كلا النجمين على الآخر إلى تمزيق المادة من كليهما. واكتسبت المادة الممزقة المسحوبة في خيط طويل طاقة من جذب جاذبية النجوم عندما مرت بأحدها الآخر، وأخذت في الدوران ، وتركزت فيها كمية الحركة الزاوية بواسطة هذا التأثير الجذبي.

ومن نظرية تشمبرلين، اتضح أن لكل الكواكب نفس العمر.

ولقرابة ثلاثين سنة، ظلت هذه النظرية شائعة، غير أن الفحص الدقيق قد أظهر أن هناك صعوبات لا يمكن التغلب عليها، فلا يمكن لجذب الجاذبية أن ينتزع مادة كافية ولا يمكنه إرسالها إلى مسافات بعيدة، ولا يمكنه أن يكسبها قدرًا من اللف . بالإضافة إلى ذلك، كان باطن الشمس أكثر سخونة مما كان يعتقد في سنة ١٩٠٠، وأن أية مادة جذبت من الشمس لن تبرد حتى تصبح كواكب؛ سوف تتمدد فقط في الفضاء في صورة غاز خفيف.

وفى النهاية، فى سنة ١٩٤٤، عاد الفلكى الألمانى كارل فردريش فون فيزساكر Carl Friedrich von Weizsacker (١٩١٢–) إلى فرضية السديم. وفى تلك الفترة عرف أكثر مما عرف فى زمن لا بلاس . وفهم الكثير عن كيفية دوران السديم، وكيف تنشئ الأجزاء الخارجية دوامات وتيارات دوامية. وأوضح فيزساكر أن الشمس وجميع الكواكب – المجموعة الشمسية كلها – تكونت تقريبا بصورة آنية. وبالنسبة لكمية الحركة الزاوية، اتضح الآن أن للشمس مجالاً كهرومغنطيسيًا، وأن الشمس عند تكثفها من السديم،أمكن لهذا المجال الكهرومغنطيسى أن يعمل على نقل كمية الحركة الزاوية إلى الكواكب.

يشعر الفلكيون حاليًا بثقة فى أن المجموعة الشمسية كلها تكونت فى نفس الوقت، وأن عمر أى جزء منها سوف يعطينا عمر الأرض. ولهذا السبب، سيكون لتحليل صخور القمر، على سبيل المثال نفس فائدة تحليل صخور الأرض.

فى سنة ١٩٦٩، وصل فى النهاية رواد الفضاء إلى القمر، وأحضروا صخور القمر إلى الأرض. وقد وُجِد أن صخور القمر المأخوذة من هضاب القمر يرجع عمرها من ٤ إلى ٤,٢ ألف مليون سنة، أقدم من نصف ألف مليون سنة من أقدم صخر جرى اختباره على سطح الأرض.

ولا تزال ، هذه الصخور، أيضا تعطى عمرا أقل للأرض.

ومع تكون الكواكب – وفقا لوجهة النظر الحالية عن نشأة المجموعة الشمسية – فقد تجمع غبار وغاز السديم فى صورة شظايا، وهذه الشظايا بدورها تجمعت فى صورة شظيات أكبر إلى حصى وجلاميد وجبال. وتكونت لبنات الأجرام الكبيرة وابتلعت هذه الأجرام الأنقاض. ومع نهاية تكون الكواكب،كانت الأنقاض الباقية من الضخامة لدرجة أنها أحدثت ثقوبًا فى قشرة الكواكب، لأن هذه القشرة قامت بعملية ابتلاع الأنقاض .

خلفت الأجرام الأخيرة التى ابتلعت فوهات لا تزال مرئية، ليس فقط على سطح القمر، ولكن على سطح عطارد والمريخ وعلى الأقمار العديدة للمريخ والمشترى وزحل.

(وتوجد على سطح الأرض فوهات،غير أن تأثير الهواء والماء والحياة على كوكبنا قد محاها جميعا ما عدا بعض الآثار الناتجة عن ضربات نيازك حديثة) .

وقد كان من أثر اصطدام الأجرام الكبيرة بسطح القمر أن عمل على قلقلة وسحق وربما صهر ولو بشكل مؤقت كل جزء من السطح المرئى للقمر فى مرة أو مرات أخرى. وما نراه الآن من سطح القمر قد ظل هادئا نسبيا ولم يتغير إلا عندما توقف قذف القمر. ومن الواضح أن عملية القذف قد توقفت منذ ما يزيد قليلا على أربعة آلاف مليون سنة. إذن ، ما طول المدة التى استمرت فيها عملية القذف ؟

ما ينبغى إجراؤه هو تحليل تركيب الأجرام التى لا تزال أصغر من القمر. وكلما كان الجرم أصغر كان احتمال جذبه للأنقاض أقل فى الأيام الأولى للمجموعة الشمسية، وكلما طالت مدة عدم قلقلته .

وليس من السهل بالنسبة لنا الوصول إلى هذه الأجرام الصغيرة لاختبارها -مع استثناء واحد. فهناك الشهب التى تخترق الغلاف الجوى للأرض أحيانا وتنفذ من السحاب إلى سطح الأرض. والبعض منها على درجة من الضخامة بحيث يمكنه اجتياز الغلاف الجوى وضرب الأرض فى صورة نيازك، والبعض منها يمكن انتشاله ودراسته.

وقد تم تحديد عمر النيازك بتتبع الانشطار الإشعاعى البطىء لنظير ربديوم **rubidium** معين إلى سترونتيوم **strontium**، ونظير رينيوم **rhenium** معيّن إلى أوزميوم **osmium** عن طريق تغيرات صنعها القذف الإشعاعى الكونى، وهكذا. وقد أعطت جميع الطرق نفس النتيجة تقريبًا، وكان عمر النيازك يتراوح ما بين ٤,٤ و٤,٦ ألف مليون سنة.

والنتيجة ، إذن، هى أن المجموعة الشمسية كلها بما فيها الأرض تكونت منذ ٤,٦ ألف مليون سنة - أى ٤,٦٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة. ومن هذا الزمن وطوال مدة حوالى ٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة، كان هناك قذف من الأنقاض بواسطة الأجرام أخذ

يتناقص تدريجيا. ومنذ ما يزيد على ٤٠٠,٠٠٠,٠٠٠٠ سنة أصبحت جميع عوالم المجموعة الشمسية بما فيها الأرض هادئة نسبيا. ويعتقد حاليا أن الحياة البسيطة فى صورة خلايا بدائية قد تطورت على الأرض منذ ٣,٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة، وأنه على الرغم من الفترات بين الحين والآخر من شبه الكارثة، فلم تمح الحياة أبداً بشكل كامل منذ ذلك التاريخ، ولم تضطر أبداً أن تبدأ من جديد.

إذن، فى غضون قرنين من الزمان ، مدَّد العلماء أفق زمن عمر الأرض، من سنوات الكتاب المقدس الستة آلاف إلى ٤,٦٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة – وهى زيادة تقدر بـ ٧٦٠,٠٠٠ مرة.

الهوامش

(١) الطوفان: فى الكتاب المقدس، القصة التى حدثت فى زمن سيدنا نوح حيث أحدث الله طوفانًا شاملاً لتدمير كل الناس بسبب خطيئتهم (ما عدا نوح وعائلته)، (وفى القرآن الكريم إلا امرأته) وهذا التطهير كان بداية جديدة للبشرية (سفر التكوين ٦-٨) وعالم الحيوان. ووجدت أساطير مشابهة أيضا فى المصادر القديمة القريبة من الشرق. (المترجم)

(٢) ملحمة جلجامش: ملحمة شعرية بابلية سميت على اسم بطلها الملك السومرى جلجاميش (الألفية الثالثة قبل الميلاد). وهى تتضمن قصة الفيضان الذى يطابق الرواية البابلية. (المترجم)

(٣) يستثنى القرآن زوجة نوح من الناجين.(المراجع)

(٤) الانتظامية: مبدأ أو عقيدة جيولوجية بأن العمليات الموجودة تعمل بنفس الطريقة التى تعمل بها فى الحاضر، تعتبر كافية لتعليل كل التغيرات الجيولوجية Merriam Webster's Colegiate Dictonary,TENTH EDITION .

(٥) نظرية الكارثة (النظرية التدميرية): هى الدراسة الرياضية للتغير المفاجئ، فى مقابل التغير المستمر. وقد أنشئت نظرية الكارثة فى أواخر الخمسينيات من القرن العشرين على يد الرياضى الفرنسى رينيه توم (١٩٢٣-)، وقد طورها على وجه خاص كريستوفر زيمان (١٩٢٥-) ١٩٣٣ The Cambridge Paperback Encyclopedia .

(٦) منذ زمن ليل تخلى الكثير من العلماء عن مبدأ الانتظامية المفرط، فبينما كان مجرى الأحداث بطيئا ومنتظما فى معظم أجزائه،إلا أنه كانت هناك أحداث عنيفة بين الحين والآخر. ولم تستطع هذه الأحداث أن تفنى الحياة بأسرها، غير أن حدثا أو اثنين يبدو أنهما قد أحدثا تغيراً عظيماً . ومع ذلك لم تحدث تلك الأحداث فى أزمنة تاريخية . وبمعنى آخر،كان هناك طوفان على مستوى العالم كما جاء وصفه فى الكتاب المقدس فى الألفية الثالثة قبل الميلاد. (المؤلف)

(٧) جان باتيست لا مارك: بيولوجى فرنسى وضع منهبا فى التطور العضوى يعرف بـ اللاماركية. (المترجم)

(٨) السير وليم طومسون: فيزيائى بريطانى اشتهر بدراساته الخاصة بالديناميكا الحرارية. (المترجم)

(٩) أنطوان هنرى بيكريل: فيزيائى فرنسى منح جائزة نوبل فى الفيزياء (بالمشاركة). (المترجم)

(١٠) الذرات هى وحدات دون ميكروسكوبية تتكون منها المادة. وسوف نذكر المزيد عنها فيما بعد فى هذا الكتاب. (المؤلف)

(١١) الطاقة النووية: الطاقة التى تخرج عن التفاعلات أو الانتقالات النووية،وتكون ناتجة عن النقص فى الكتلة. (المترجم)

(١٢) كمية الحركة الزاوية: هى حاصل ضرب عزم القصور لنظام دوار، حول محور الدوران فى السرعة الزاوية حول هذا المحور، أما السرعة الزاوية فهى معدل دوران جسم حول محور ما، ويتم قياسها بوحدات راديان فى الثانية. معجم الفيزياء . مكتبة أكاديميا

الفصل الخامس عشر

كل الزمن

الكون المتمدد

كل ما ناقشناه فى الفصل السابق هو عمر المجموعة الشمسية التى ليست إلا مجرد نقطة فى محيط الكون (نجم هو الشمس ومجموعة كواكبه التى تدور حوله) . هل عمر النجوم فى الكون لها نفس عمر الشمس ؟ هل عمر الكون كله ٤,٦ ألف مليون سنة ؟

مما يتصوره العقل أن يكون الأمر كذلك ، ومن المعقول أيضا أن الكون كان موجوداً طوال عدد غير محدد من آلاف ملايين السنين، وأن الشمس وعائلتها من الكواكب ليست سوى أفراد جاءوا متأخرين. ومع ذلك ، ففى سديم كوكبة الجوزاء **Orion nebula**، على سبيل المثال ، لا تزال حتى الآن كتل مكثفة تتأجج بالنشاط فى صورة حياة لامعة من نجوم وليدة. فإذا ولد أحد النجوم الآن وولد آخر منذ ٤,٦ ألف مليون سنة، فلماذا لا يكون ولد نجم آخر منذ ٤٦ ألف مليون سنة؟

لقد كان تحديد عمر الأرض مسألة صعبة، لذا كيف يمكننا تقدير عمر الكون؟ وعلى أية حال ، فعمر الكون يعتبر أبسط المشكلتين إلى حد ما .

وجاء السبيل إلى تحديد عمر الكون سنة ١٨٤٢، عندما أوضح الفيزيائى النمساوى كريستيان جوهان دوبلر[1] **Christian Johann Doppler** (١٨٠٣ – ١٨٥٣) أن الصوت تنخفض طبقته عندما يبتعد مصدره بالنسبة إلى الراصد وترتفع طبقته عندما يقترب مصدره بالنسبة إلى الراصد.

ومن السهل تفسير هذه الظاهرة عندما ندرس موجات الصوت . فعندما يتراجع مصدر الصوت تتمدد الموجات بصورة أطول، وللموجات الصوتية الطويلة طبقة صوت أكثر انخفاضاً عن الموجات الصوتية القصيرة، وعندما يقترب المصدر تنضغط الموجات إلى مسافة أقصر، ويعرف هذا بأثر دوبلر(٢) .

أوضح الفيزيائى الفرنسى أرماند.هـ. ل.فيزو Armand H.L. Fizeau (١٨١٩ - ١٨٩٦) فى سنة ١٨٤٨، أن هذه الظاهرة تنطبق على الضوء، الذى يعتبر أيضا ظاهرة موجية. فإذا كان المصدر الضوئى يتراجع عن الراصد يتغير الضوء الذى يشعه إلى الموجة الطويلة الحمراء ، وإذا كان المصدر الضوئى يقترب يتغير الضوء إلى الموجة القصيرة البنفسجية . وأشار فيزو إلى أن المرء يستطيع تتبع هذا التغير بمقارنة وضع الخطوط فى طيف مصدر متحرك بالخطوط الموجودة فى ضوء مماثل من مصدر ثابت.

ولما كان أثر دوبلر يعمل مع أية أبعاد فينبغى أن يعمل مع نجم. وفى سنة ١٨٦٩ ، أوضح الفلكى الإنجليزى وليام هوجين William Huggins (١٨٢٤ - ١٩١٠) أن هناك زحزحة حمراء واضحة وإن كانت صغيرة فى خطوط طيف نجم الشعرى اليمانية. وبهذه الطريقة استطاع تفسير السرعة التى تتراجع بها الشعرى اليمانية عنا.

وبعد ذلك اختبر العديد من النجوم بهذه الطريقة ووجد أن البعض منها يتراجع والبعض منها يقترب بسرعات تتراوح ما بين سرعات منخفضة جدا وسرعات تصل إلى ١٠٠ كيلومتر فى الثانية أو نحو ذلك.

وفى النهاية عندما تحسنت التليسكوبات وأجهزة قياس الطيف تم رصد أطياف المجرات الأخرى ودراسة خطوط طيفها. وكان أول من يقوم بذلك هو الفلكى الأمريكى فستو ملفن سلفر Vesto Melvin Slipher (١٨٧٥ - ١٩٦٩) وفى سنة ١٩١٢، اكتشف أن مجرة المرأة المسلسلة تقترب من المجموعة الشمسية بسرعة ٢٠٠ كيلومتر فى الثانية. وبعد ذلك مضى يدرس أطياف المجرات الأخرى (وذلك فى الوقت الذى لم يكن معروفا أنها مجرات). ووجد لدهشته أن جميع هذه المجرات ما عدا اثنتين تتراجع عنا بسرعات أعلى نسبيا من سرعات النجوم.

وقد أكمل البحث الفلكيان الأمريكى أدوين هبل Edwin Powell Hubble (١٨٨٩- ١٩٥٣) وملتون لا سال هيوماسون Milton La Salle Humason (١٨٩١- ١٩٧٢) . واستمرا فى دراسة أطياف المجرات ووجدا بدون استثناء آخر أنها تتراجع. وعلاوة على ذلك، فكلما كانت المجرات أشد عتمة كان تراجعها أسرع .

وعمل هبل قدر استطاعته على تقدير أبعاد هذه المجرات. وفى سنة ١٩٢٩، كان على درجة من الثقة من نتائجه ليعلن ما أسماه بقانون هبل Hubble's law - وهو أن معدل التراجع يتناسب مع بعد المجرة عنا. وبمعنى آخر، إذا كانت المجرة (أ) تبعد عنا خمسة أمثال بعد المجرة (ب) عنا، إذن فالمجرة (أ) كانت تتراجع عنا بخمسة أمثال السرعة. والأكثر من ذلك، فكلما نفذنا إلى الخارج (كلما استمر فى الكشف عن مجرات أخرى) ، كانت تسجل سرعات تراجع تصل إلى آلاف وعشرات الآلاف من الكيلومترات فى الثانية.

وبدا من الغريب أنه لابد أن بمجرتنا شيئًا خاصًا كان يدفع كل المجرات الأخرى نحو الخارج ويجعل المجرات الأكثر بُعدا أكثر نشاطا من المجرات الأقرب . وفى واقع الأمر، لم يكن السبب مفهوما، فأيا كان ما يحدث فإنه لم يكن له علاقة بنا .

والنتيجة التى توصلنا إليها فى الحال هى أن الكون يتمدد ، وأن كل المجرات تبتعد إحداها عن الأخرى . (وبالفعل، فالمجرات مرتبة فى مجموعات متماسكة مع بعضها البعض بواسطة جذب الجاذبية، وأن المجموعات هى التى تبتعد عن بعضها. والسبب فى أن هناك مجرتين قريبتين تدنوان منا هو أنهما جزء من مجموعة مجراتنا المحلية) .

ونتيجة لذلك ، فلو كنا نقف على سطح كوكب فى أية مجرة بأية حال، فكل مجموعات المجرات خارج مجرتنا يبدو أنها تتراجع، وكلما كانت أكثر بعدا، كان تراجعها أسرع. فليس هناك شىء خاص تتميز به مجرتنا عن المجرات الأخرى .

والشىء الذى جعل فكرة تمدد الكون جذابة هو النظرية العامة للنسبية لأينشتين Einstein's General Theory of Relativity ، التى قدمها لأول مرة سنة ١٩١٦ وتنبأت بحدوث هذا التمدد .

وسرعان ما قدم لنا الكون المتمدد الوسيلة لتحديد مدى قِدَم الكون .

افترض أننا عدنا بالزمن للوراء، وفكرنا فيما حدث بالكون . فسوف يشبه الوضع إرجاع شريط فيلم سينمائى للوراء. فإذا كان الكون يتمدد ويزداد اتساعًا كلما تقدم الزمن، فلا بد وأنه كان منكمشا وأصغر كلما عاد الزمن إلى الوراء.

وبقدر ما يعنينا موضوع التمدد ، فيمكننا أن نتخيل أن بالإمكان الاستمرار للأبد على هذا المنوال، حيث إنه على قدر علمنا لا يوجد حاجز يوقف التمدد مهما طال أمده أما الانكماش فشىء آخر. فإذا ما انكمش الكون بقدر كاف فسوف ينكمش إلى حجم صفر، ولا يمكنه أن ينقص عن هذا الحجم. وسوف يكون هذا عند صفر الزمن zero-time ، وهى اللحظة التى بدأ عندها الكون.

فكر فى هذا المنهج فلكى بلجيكى يدعى جورج لومتر Georges Lemaitre (١٨٩٤ - ١٩٦٦) حتى قبل أن يعلن هبل قانونه. ففى سنة ١٩٢٧، افترض لومتر أن الكون فى الماضى السحيق كانت كل كتلته - كل مجراته - منضغطة فى حجم صغير ، واعتبر هذا الحجم الصغير "بيضة كونية cosmic egg." وقد انفجرت هذه البيضة انفجارًا هائلاً مدويًا كان من جرائه أن نشأ الكون كما نعرفه. ولا تزال المجرات الخارجية المندفعة دليلا على قوة هذا الانفجار الأولى . والفيزيائى الأمريكى الروسى جورج جامو George Gamow (١٩٠٤ - ١٩٨٦) الذى وافق على هذه الفكرة، أطلق على انفجار "البيضة الكونية" اسم الانفجار العظيم the big bang ، وأصبح المصطلح شائع التداول.

ولم يقبل الجميع هذه الفكرة. بيد أنه فى أربعينيات القرن العشرين أشار جورج جامو[٢] Gamow إلى أن الكون فى البداية لابد وأنه كان متناهى الضآلة وساخنا بدرجة تفوق الوصف. وكان الإشعاع الذى يبثه إشعاعا قصير الموجة ونشطا بصورة مفرطةً. وكلما أخذ الكون يتمدد ويبرد صار الإشعاع على نحو منتظم ذا موجة أطول. وفى الزمن الحاضر، سيصبح الكون من الضخامة ومن البرودة لدرجة أن الإشعاع سيكون من طول الموجات الدقيقة . ونتيجة لذلك، ينبغى أن يكتشف الفلكيون خلفية معتمة من إشعاع الموجة الدقيقة فى جميع الاتجاهات بصورة متساوية.

عندما أعلن جامو هذا فى الأربعينيات لم يكن لدى الفلكيين الأجهزة القادرة على إجراء هذا الرصد - لكنه سرعان ما تطورت أساليب علم الفلك الراديوى radio astronomy الذى يستخدم الإشعاع بدرجة كبيرة . فى سنة ١٩٦٥، اكتشف فيزيائيان أمريكيان هما أرنو أ. بنزياس Arno Penzias (١٩٣٣-) وروبرت و . ويلسون Robert Wilson (١٩٣٦-) إشعاع خلفية الموجات الدقيقة ، ولاحظا أنه يأتى من جميع الاتجاهات. ومنذ ذلك التاريخ، قبل جميع الفلكيين بشكل عام فكرة الانفجار العظيم .

والسؤال المطروح هو: متى حدث الانفجار العظيم؟ فإذا اعتبرنا الانفجار هو بداية الكون فسوف نجد الإجابة عن سؤال عمر الكون.

افترض أن سرعة ارتداد مجرة تتزايد بمعدل ١كم/ث طوال الـ ٦٥٠٠ سنة الضوئية الأخرى أنها بعيدة، فهذا يعنى أن مجرة تبتعد عنا بمقدار ٦٥٠٠٠٠٠ سنة ضوئية، ينبغى أنها كانت تتراجع بمعدل ١٠٠٠ كيلومتر فى الثانية. فكم من الزمن استغرقته هذه المجرة لقطع هذه المسافة منذ أن كانت فوقنا تماما؟

لو ارتحلت هذه المجرة من نقطة قريبة منا إلى نقطة تبعد عنا ٦٥٠٠٠٠٠ سنة ضوئية بمعدل ١٠٠٠ كيلومتر فى الثانية، لكانت ستقطع هذه المسافة خلال زمن قدره ٢,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة (السنة الضوئية هى المسافة التى يقطعها الضوء فى سنة وتساوى ٣× ١٠^{٥} كيلومتر فى الثانية أى سرعة الضوء وهى تساوى ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر فى الثانية .

والأكثر من هذا، لو كانت مجرة تبعد عنا ضعف المسافة لكانت تتراجع عنا بضعف السرعة وكانت ستحتاج إلى ٢,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة لتقطع ضعف المسافة بسرعتها المضاعفة. وجرم يبعد عنا عشرة أمثال المسافة سيتراجع بسرعة عشر مرات وسيحتاج أيضا زمناً قدره ٢,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة.

وبمعنى آخر، إذا كانت كل المجرات تتراجع عنا بمعدل يتزايد بمقدار كم/ث طوال الـ ٦٥٠٠ سنة الضوئية الأخرى ، إذن فكل المجرات إذا عدنا بالزمن إلى الوراء كانت منكمشة مع بعضها فى صورة بيضة كونية منذ ٢,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة مضت .

ولكان الانفجار العظيم قد حدث منذ ألفى مليون سنة ، ولكان عمر الكون ألفى مليون سنة .

وبالفعل أعطت أرقام هبل الأولى هذه النتيجة ، ومرة أخرى كانت تواجه الجيولوجيين استحالة . فقبل خمسين سنة، رفضوا قبول رقم كلفن الذى قدر عمر الأرض بـ ٢٥,٠٠٠,٠٠٠ سنة، لأنهم علموا أن الأرض كانت أقدم من هذا . والآن، فى الثلاثينيات لم يقبلوا رقم هبل ٢,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة، لأنهم علموا بالاستعانة بالساعة المشعة radioactive clock أن الأرض أقدم من هذا كثيراً ، ولا يمكن أن تكون الأرض أقدم من الكون .

ومن أفضل الطرق التى كانت لدى هبل لتحديد بُعد أقرب المجرات هى استغلال بعض النجوم المتغيرة التى تسمى "قيفاويات Cepheids."

ولزمن يعود إلى سنة ١٩١٢، أوضحت الفلكية الأمريكية هينريتا سوان ليفيت Henrietta Swan Leavitt (١٨٦٨ – ١٩٢١) أنه وفقا لمعادلة معينة، كلما كانت فترة التغير أطول كان النجم أكثر إضاءة . ولاحظ هبل أنه إذا أمكنه تبين قيفاوى فى مجرة معينة لأمكنه معرفة مقدار إضاءته. ومن خلال إضاءته يمكنه أن يحسب مقدار البريق الذى سيظهر به عند أى مسافة. ومن ظهور بريقه الحقيقى يمكنه حينئذ أن يحسب مسافته.

بيد أنه فى سنة ١٩٤٢، استفاد الفلكى الألمانى الأمريكى والتر بيد (١٨٩٣ – ١٩٦٠) من فترة إطفاء الأنوار أثناء الحرب فى دراسة مجرة المرأة المسلسلة بالتفصيل Andromeda galaxy . وقد اكتشف أن هناك أنواعًا مختلفة من القيفاويات . وتطبق معادلة ليفيت على نوع واحد منها، ولا تطبق على جميع الأنواع الأخرى، وكانت الأنواع الأخرى هى التى استخدمها هبل فى تحديد المسافات (الأبعاد) .

واستنبطت معادلات أخرى لأنواع القيفاويات الأخرى ، وقد اتضح أن المجرات كانت تبعد عشر مرات البعد الذى حدده هبل لها. ومع ذلك فقد كانت سرعات ارتدادها هى نفس السرعات التى تم تحديدها من قبل. وتم قياس هذه السرعة مباشرة بواسطة المطياف spectroscope ولم تعتمد على القيفاويات أو على أنواعها .

وقد اتضح أنه بنفس معدل الارتداد، تحتاج المجرات في كل عنقود مجرى إلى مدة طولها عشرة أزمنة لتقطع المسافة عشر مرات. ولن يحتاج هذا الكون إلى ألفي مليون سنة لكي ينكمش إلى نقطة بل يحتاج إلى عشرين ألف مليون سنة . ويعني هذا أن الانفجار العظيم لم يحدث منذ ألفي مليون سنة بل حدث منذ عشرين ألف مليون سنة .

بيد أن عمر الكون سيكون كذلك إذا ظل معدل الارتداد دون تغير ولا عبرة بمدى رجوعنا بالزمن للوراء. لا يحتمل أن يكون هذا صحيحاً .

فبمجرد أن وقع الانفجار العظيم انفجرت قطع البيضة الكونية العديدة للخارج ضد جذب جاذبية كل أجزائها. ومع تحركها للخارج أجبر معدل الارتداد على التباطؤ بسبب الجذب المنتظم لمجال الجذب الكلي للكون. والآن لابد وأن الكون يتمدد بمعدل أبطأ عما كان من قبل .

ولما كان الكون يتمدد بصورة أبطأ فأكثر بطئاً . إذن ، فإذا عدنا بالزمن للوراء لكنا رأينا الكون ينكمش بصورة أسرع فأسرع - حيث ينبغي أنه كلما كان الكون أكثر صغراً كان جذب جاذبيته أكثر قوة . وهذا يعني أنه لما كان يتسارع فسوف تنضم أجزاؤه في أقل من عشرين ألف مليون سنة.

إذن فالتقدير المعقول - إذا أخذنا تأثير الجاذبية بعين الاعتبار - هو أن الانفجار العظيم قد حدث منذ خمسة عشر ألف مليون سنة مضت، بحيث يصبح عمر الكون خمسة عشر ألف مليون سنة[٤] .

ونخرج من هذا ، إذن ، بأن عمر الكون كان أكثر قليلا من عشرة آلاف مليون سنة عندما نشأت المجموعة الشمسية ، وأن الكون قضى ثلثي وجوده الحالي بدون الأرض .

فإذا كانت الأرض أقدم ٧٦٠,٠٠٠ مرة من العمر الذي خمنه يوشر استناداً إلى الكتاب المقدس فالكون ككل أقدم ٢,٥٠٠,٠٠٠ مرة .

موت الشمس

يبدو أننا لا نستطيع أن نبتعد لأكثر من ذلك فى ماضى الزمن لأنه لا يوجد شىء نرصده قبل بداية الزمن . ومع ذلك، فماذا عن الاتجاه الآخر؟ ماذا عن أفق مستقبل الزمن؟

سوف يبدو أن كل شىء فى المستقبل محجوب عنا بشكل دائم. فنحن نستطيع تذكر الماضى ودراسة سجلاته التى حفظها البشر الذين عاشوا قبلنا، ونستنتج الماضى مما نراه ونرصده فى الحاضر– ولكن ماذا يمكننا فعله حيال المستقبل؟

وفعلا، فلما كنا لا نملك كرة بلورية ولا يمكننا التنبؤ عن يقين بالحصان الفائز فى سباق الغد أو مَن منا ستصدمه سيارة أو من منا سيقابل شخصية جذابة من الجنس الآخر خلال وقت معين ، إلا أننا نستطيع أن نجرى توقعات كلية.

وعلى سبيل المثال، يمكن من جميع الإحصائيات التى لدينا عن مواليد ووفيات أعمار بشرية أن نتوقع أن من كل ١٠٠,٠٠٠ شخص عمر كل وحد منهم ستون عامًا سيموت عدد معين فى غضون سنة وعدد معين سوف يعيش لخمس سنوات قادمة – ويحتمل أن تكون هذه الإحصائية سليمة بمرور الزمن. ولا يمكننا القول بالضبط أى الأشخاص سيموت وأيهم سيعيش غير أن التوقع الإحصائى له استخداماته أيضًا .

هل يمكننا النظر إلى الأرض ونقدر متى ستموت أو على الأقل متى ستصبح غير صالحة للسكنى؟

والحقيقة، هناك احتمالات لوقوع كوارث تهدم التقدم المنتظم للأحداث وتجعل التوقع فى غاية الصعوبة، ولكن حتى الكوارث يمكن إلى حد ما أخذها بعين الاعتبار.

وعلى سبيل المثال ، هناك عدد من الأجرام بحجم الجبال تحدث أزيزًا لمرورها بسرعة حول الشمس فى مدارات تحملها على بعد بضع ملايين الكيلومترات من مدار الأرض ، وبين الفينة والفينة تكون هذه الأجرام والأرض فى مداراتها المتتالية عند نقاط تجعلها قريبة جداً من بعضها البعض. وهذه الأجرام هى ما يسمى السافّات الأرضية

Earth-grazers (وهى الكويكبات التى يمكنها الاقتراب من الأرض) ، ومرت إحداها فى سنة ٧٣٩١، وكان طولها كيلومتراً واحداً وكانت تبعد عن الأرض ٤٠٠,٠٠٠ كيلومتر .

لو كانت مدارات السافّات الأرضية دائمة فلن تمس مدار الأرض على الإطلاق ، غير أن هذه الأجرام لكونها تتأثر بدرجة طفيفة على الدوام بجذب الجاذبية الأرضية وبجذب الكواكب الأخرى التى تقترب منها، لذا فإن مداراتها تتغير على نحو مستمر، وربما يأتى يوم يلامس فيه مدار السافات الأرضية مدار الأرض ، وقد يصل كل من الجرم والأرض فى النهاية إلى نقطة التقاطع فى نفس الوقت . ويستطيع الفلكيون أن يحسبوا أن مثل هذا الحدث العرضى يمكن أن يقع فى المتوسط مرة كل عدة ملايين من السنين .

ويبدو أن مثل هذا الاصطدام قد حدث منذ ٦٥,٠٠٠,٠٠٠ سنة (وظهر هذا الافتراض عام ١٩٨٠) ، وأرسل سحابة من الغبار حجبت الشمس تماما قرابة ثلاث سنوات. ونتيجة لذلك ، هلكت معظم المزروعات ونفقت معظم الحيوانات، وأبيدت جميع الديناصورات وعدد من أنواع الحيوانات الأخرى وأصبحت الأرض شبه عقيمة . (لقد كان أقرب شىء نعرفه عن نوعية الكوارث التى افترضها بونيت منذ قرنين من الزمان .) وظلت بعض أشكال الحياة باقية بعد الكارثة ، وقد كانت هذه الأشكال هى سلف كل صور الحياة الموجودة حالياً بما فيها نحن ، لكنها كانت حدثاً قريبًا ويحتمل حدوثه مرة أخرى .

هذه الكوارث ، رغما عن ذلك ، أشياء غير مضمونة العواقب . فقد يحدث شئ ما مرعب تمامًا السنة التالية أو لا يحدث لبضع ملايين السنين أو من المحتمل ألا يحدث على الإطلاق . هل هناك أحداث حتمية تحدد نهاية الأرض كما حددت الأحداث التى وقعت منذ ٤,٦ ألف مليون سنة بدايتها؟

هل الأرض وحدها هى التى لحقت بها الكارثة ، من المحتمل أن لا تكون هى وحدها. فإذا تخيلنا أن بيئة الأرض ظلت على نحو صحيح كما هى الآن، من الاعتدال بحيث تعمل إلى الإبقاء على الكوكب الملىء بالحياة، فقد تظل الأرض كما هى إلى الأبد .

لكن هل ستظل بيئة الأرض معتدلة ؟ الشمس هى المؤثر البالغ أهمية على الأرض . فأشعة الشمس هى التى تمد الأرض بالدفء وتمد الهواء والتيارات المائية بالطاقة اللازمة للحركة، الطاقة التى تحول حياة النبات إلى أنسجة، وتوفر بذلك الغذاء للحيوان، وغيره من الكائنات ، وهلم جرا. وقد أدى اصطدام الكويكبات الذى حدث منذ ٦٥,٠٠٠,٠٠٠ سنة إلى حجب أشعة الشمس عن الأرض قرابة ثلاث سنوات وجعلها شبه عقيمة .

هل يمكننا الاعتماد على دوام الشمس للأبد؟

بالتأكيد لا !

الأرض ذاتها فى حالة توازن، فهناك تغيرات تحدث فى قشرة الأرض، وبراكين وزلازل، ونشوء جبال، وتعرية، وتيارات فى قلبها المنصهر، ومجالات مغناطيسية فى الفضاء القريب ، غير أن هذه الأشياء ليست متوالية، فهذه التغيرات لا تتحرك فى اتجاه واحد، وإنما تتأرجح حول أحد المتوسطات .

والشمس مختلفة اختلافا تاما فهى تفقد الطاقة بمعدل هائل وتسكبها فى الفضاء دونما أمل فى تعويضها ، لحظة بعد لحظة، وسنة بعد سنة، وألف مليون سنة بعد ألف مليون سنة (أى أن هناك على الدوام فقد من الطاقة) . وكما كان هيلموهولتز أول من يدرك أن الطاقة يجب أن تأتى من مكان ما، أيا كان المصدر الذى تأتى منه فحتمًا سينفد هذا المورد تماما فى يوم ما .

لو كانت الشمس فحمًا محترقًا ، وبدأت بداية جديدة من الآن، فسوف تتحول إلى رماد فى غضون ١٥٠٠ سنة، إذا استمرت تبعث بالطاقة على نحو منتظم بمعدلها الحالى .

ولو كانت الشمس تكتسب طاقة بالانكماش، فسوف يستغرق إخراجها من الطاقة بالمعدل الحالى ٩,٢٥٠,٠٠٠ سنة حتى تتكمش إلى عدم .

فى أى من الحالتين، لو كانت الشمس قد بدأت تشع منذ لحظة تكونها منذ ٤,٦ ألف مليون سنة ، لكانت قد فنيت وتوارت عن الوجود منذ زمن بعيد .

وبالطبع، فالطاقة النووية هى التى تعمل على استمرار الشمس ويمكن أن تستمر هذه الطاقة لفترة أطول، أطول من أى مصدر طاقة آخر ، ولكن حتى هذه الفترة الأطول لن تدوم للأبد. فما مدى دوام توافر الطاقة النووية الشمسية؟

يتوقف هذا بطبيعة الحال على طبيعة هذه الطاقة النووية. وقد قام الفيزيائى الألمانى الأمريكى هانز ألبرشت بيث Hans Albrecht Bethe (١٩٠٦-) باستنباط التفاصيل الكاملة فى سنة ١٩٣٨ .

ودرجة الحرارة فى قلب الشمس على درجة الارتفاع تصل إلى ١٥,٠٠٠,٠٠٠ درجة مئوية، كما استنبطها لأول مرة إدينجتون Eddington فى أوائل العشرينيات- إذ تعمل درجة الحرارة هذه على تحطم الذرات مع بعضها بقوة هائلة. ومعظم الشمس من الهيدروجين، وبتحطم ذرات الهيدروجين مع بعضها البعض فإنها تندمج فى صورة أكبر قليلا من ذرات الهليوم ، وتسمى العملية "اندماج الهيدروجين" hydrogen fusion .

والهليوم المتكون أثناء اندماج الهيدروجين له كتلة نسبتها ٠,٧١٪ أقل من الهيدروجين الذى تكون منه . هذا الفقد فى الكتلة تحول إلى طاقة[٥] . وعرف الفيزيائيون مقدار الطاقة التى تمثلها تلك الكتلة المفقودة وحسبوا أن مقدار ٥٨٨,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كيلوجرام من الهيدروجين يجب أن يتحول إلى هليوم كل ثانية حتى تحتفظ الشمس بإشعاع الطاقة بمعدلها الحالى .

ويبدو أن هذا يؤذن بحدوث كارثة، إن لم يدم إمداد الشمس من الهيدروجين طويلا . ومع ذلك، فمقدار ٥٨٨,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كيلوجرام من الهيدروجين لا يمثل سوى ٣×١٠^{-١٨} (أى ثلاث وحدات من الكوانتيليون) من كتلة الشمس..

فلو كانت الشمس قد بدأت ككرة من الهيدروجين النقى ، ولو تحوّل الهيدروجين إلى هليوم بالمعدل الحالى طوال مدة الـ ٤,٦ ألف مليون سنة التى قضتها الشمس حتى الآن ، فإن ما استُنفد من طاقة الشمس حتى الآن لا يمثل سوى ٥ ٪ من كتلتها،

ويمكن أن تستمر الشمس بإطلاقها الطاقة بنفس المعدل لمدة إضافية تقدر بحوالى سبعة وثمانين ألف مليون سنة .

ومع ذلك ، فلم تستنبط تماما بهذه الطريقة. فالشمس لم تبدأ ككرة من الهيدروجين النقى ، وذلك لسبب واحد هو أنه عندما حدث الانفجار العظيم أوجد كونًا احتوى على قدر كبير من الهليوم بدأ به . ولما تكونت فيه الشمس بعد عشرة آلاف مليون سنة من الانفجار العظيم كان لا يزال هناك قدر كبير من الهليوم وقدر أقل من الهيدروجين .

وبسبب ذلك ، عندما تكونت الشمس يبدو أنه كان بها ٨٠ ٪ هيدروجين و٢٠ ٪ هليوم ، وفى الوقت الحاضر تتكون الشمس من ٧٥ ٪ هيدروجين و٢٥ ٪ هليوم . ولو استمر الهيدروجين الموجود حاليا يستهلك بمعدله الحالى إلى أن ينفد تماما فسوف تستمر الشمس تشع لفترة ربما تصل إلى ٦٨ ألف مليون سنة أخرى .

ولسوء الحظ، فالتقدير السابق مبالغ فيه أيضا، لأن من يدرى ما يحدث فى قلب الشمس حينما تكون درجة الحرارة من السخونة حتى يحدث الاندماج، وليست ساخنة فى كل أجزاء الشمس بصفة عامة. ومع استمرار الاندماج سيصبح قلب الشمس أكثر وفرة بالهليوم عن الشمس ككل . ويصبح قلب الشمس أكثف وأكثف ويتقلص ، ويصير أسخن وأسخن . وفى النهاية، فعلى الرغم من أن بقية الشمس ستظل كما هى بوضعها الحالى ، فسيصبح القلب من السخونة بحيث تجعل الهليوم يندمج إلى صور من المادة أكثر تكتلاً ، وستؤدى الحرارة الناشئة عن ذلك إلى تمدد الشمس بدرجة هائلة .

وسيؤدى التمدد إلى برودة سطح الشمس حتى تصبح جمرة حمراء ، غير أن الإشعاع الكلى المنبعث من خلال السطح الأكبر (لأن حجم الشمس سيتمدد إلى نحو مليون مرة مثل حجمها الحالى) سيكون هائلا، وسوف يدمر بطبيعة الحال، الأرض. وسوف تصبح الشمس فى هذه الحالة المتمددة "عملاقا أحمر[٦] red giant."

هذا التغير ليس مسألة نظرية، فهناك عدد من العمالقة الحمراء فى السماء – النجوم العديدة المنتشرة بشكل متناثر على مدى اتساع هائل وتومض باحمرار. ومن

أفضل الأمثلة على ذلك: منكب الجوزاء Betegeuse وقلب العقرب Antares وأعجوبة قيطس Mira .

وبعد أن تتمدد الشمس أو أى نجم آخر إلى عملاق أحمر فإنها تمر بأطوار أخرى جميعها قصيرة نسبيًا بالمقارنة بالفترة الطويلة التى أمضاها فى "المتوالية الرئيسية" - main sequence أى الفترة التى كان فيها الهيدروجين مصدر الطاقة الرئيسى وهو ما ينطبق على الشمس فى وضعها الحالى .

ولذلك السبب، فالسؤال الذى يجب طرحه هو: ما هى المدة التى يمكثها نجم وخصوصًا الشمس فى المتوالية الرئيسية؟ فى هذه المدة فقط ستظل الأرض عالمًا صالحا للسكنى .

اتضح أن طول الفترة التى يظلها نجم فى المتوالية الرئيسية تتوقف على كتلته، فكلما كانت كتلة النجم أكبر كانت كتلته الهيدروجينية أكبر. ومع ذلك ، فكلما كانت كتلة النجم أكبر، يجب أن يكون معدل اندماج الهيدروجين أكبر لكى يسخن النجم إلى الحد الذى يظل فيه يتمدد ولا ينهار تحت وطأة جذب جاذبيته .

والمعدل الذى يجب أن يندمج به الهيدروجين يتزايد بمعدل أسرع عن معدل إمداد الهيدروجين كلما تزايدت كتلة النجم . وهذا يعنى أنه كلما كانت كتلة نجم أكثر ضخامة كان استهلاكه للهيدروجين أسرع مما يوصله إلى نقطة يبدأ عندها مرحلة العملاق الأحمر . وبمعنى آخر، كلما كان نجم أكثر ضخامة ظل فى المتوالية الرئيسية فترة أقصر .

وسوف تظل النجوم المعروفة الأكثر ضخامة فى المتوالية الرئيسية لمدة لا تزيد عن ١,٠٠٠,٠٠٠ سنة أو أقل. فالشعرى اليمانية التى تعتبر من ألمع النجوم فى السماء، والتى لها كتلة كبيرة نسبيا ، أكبر مرتين ونصف المرّة من كتلة الشمس، تستعيض عن كتلتها بالبقاء فى المتوالية الرئيسية لمدة ٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة ليس إلا ، أى نصف بليون سنة .

ولو كانت الشمس فى ضخامة كتلة الشعرى اليمانية، لكانت قد دخلت طور العملاق الأحمر منذ ٤,١ بليون سنة، ولما كانت لدى الأرض فرصة إنتاج حتى الصورة

الخلوية الأكثر بدائية قبل أن تصبح غير صالحة للسكنى. (ومن الطبيعى ، لكانت الأرض أكثر بعدا من هذه الشمس الأكثر ضخامة منها من الشمس الحقيقية ، أو ربما كان كوكب الأرض غير صالح للسكنى فى المقام الأول) .

وقد قدر أن تظل الشمس – باعتبار كتلتها الفعلية – فى المتوالية الرئيسية لمدة كلية تبلغ ١٢ بليون سنة على الأكثر. وبما أنها ظلت لفترة ٤,٦ بليون سنة، فلا يزال هناك فترة ٧,٤ بليون سنة باقية لها فى المتوالية الرئيسية. وخلال هذه الفترة سوف تسخن ببطء وستصبح الحياة أكثر سخونة فوق سطح الأرض فى البليون سنة الأخيرة أو نحو ذلك .

ويمكننا إذن أن نعتبر الشمس نجمًا فى عمره الأوسط ، ومع الوقت الباقى لها كجرم جالب الدفء للحياة ، أكثر قليلاً فقط من الزمن الذى انقضى بالفعل . وحتى إذا استطاعت البشرية (والأجيال المتعاقبة) أن تحافظ على الأرض خلال كل كوارثها، فستصبح الأرض كعالم صالح للسكنى لفترة ولنقل ٦ بليون سنة .

فناء الكون

مع ذلك ، فما الشمس إلا نجم من حوالى ٣٠٠ بليون نجم فى مجرتنا (سكة التبانة) ، بالإضافة إلى أعداد هائلة من نجوم فى مجرات أخرى يصل عددها نحو ١٠٠ بليون مجرة. وربما ينقضى زمن طويل قبل أن تصل الأرض إلى نهايتها وتصبح غير صالحة للسكنى ، وأن يكون البشر قد انتشروا فى الكواكب الأخرى التى تدور حول هذه النجوم الأخرى . أو فى حالة عدم حدوث هذا، فربما تكون هناك صور حياة ذكية أخرى إما موجودة حالياً أو ستنشأ فى المستقبل ستظل تنعم بالحياة بعد أن نكون قد فارقناها.

وفى الواقع، ليس من الضرورى أن نكون محور الذكاء حتى نهتم بما إذا كانت الحياة الذكية (أو أية حياة) موجودة أم غير موجودة . فالنجوم ذاتها ستظل تشع

وربما يكون هذا فى حد ذاته دليلاً كافيًا على أن الكون لا يزال حيًا . ما الفترة التى ستظل فيها النجوم تشع بعد أن تكون الشمس قد أنهت حياتها السريعة ورحلت ؟

من غير شك ، فى الزمن الذى ستترك فيه الشمس المتوالية الرئيسية ، تكون كل النجوم الموجودة حاليًا والأكثر ضخامة من الشمس قد تركت المتوالية الرئيسية فى زمن مبكر – فى حين أن هناك ٤ ٪ فقط من النجوم فى المجرة أكثر ضخامة من الشمس و٩ ٪ من النجوم الأخرى فى مثل ضخامة الشمس تقريبًا وسوف تترك المتوالية الرئيسية بعد أو قبل أن تترك الشمس للمتوالية الرئيسية بزمن قليل ، ويتوقف ذلك على الزمن الذى بدأت تشع فيه لأول مرة .

ونسبة الـ ٨٧ ٪ من النجوم المتبقية فى مجرتنا (وعلى الأرجح فى جميع المجرات) التى تعتبر أقل ضخامة من الشمس ستظل فى المتوالية الرئيسية لفترة أطول من ١٢ بليون سنة. ومعظم هذه النجوم لها أعمار متوالية رئيسية أطول نسبيا منذ الفترة التى انقضت منذ حدوث الانفجار العظيم وربما تولدت كنجوم فى الأيام الأولى للكون ومع ذلك فلا تزال تعتبر نسبيا فى شبابها .

والنجوم الموجودة الأقل ضخامة وهى نجوم من الصغر بحيث تعطى ضغطا ودرجة حرارة فى قلوبها يكفيان لإشعال الوقود النووى ، والتى لا تشع إلا بضوء أحمر معتم (وهى الأقزام الحمراء الأصغر) تستهلك هيدروجينها بمعدل شحيح لدرجة أنها على الرغم من الإمداد القليل من المادة الاندماجية ، ستظل فى المتوالية الرئيسية لفترة تصل إلى ٢٠٠ بليون سنة .

بيد أن هذا لا يأخذ بعين الاعتبار إلا النجوم الموجودة حاليا . وبالتأكيد لا تزال هناك نجوم جديدة مستمرة فى التكون . والشمس ذاتها تكونت منذ أقل من ٥ آلاف مليون سنة عندما كان قد بلغ عمر الكون ١٠ آلاف مليون سنة ولا تزال هناك نجوم تتكون الآن حتى عندما نراقب السماء . هل تستمر النجوم فى التكون لفترات غير محددة فى المستقبل بحيث إنه بعد ٢٠٠ ألف مليون سنة عندما يغادر النجم الموجود حاليًا المتوالية الرئيسية سوف تظل تتوهج مجرات بنجوم أخرى لا يوجد منها شىء حاليًا ؟

صحيح أن النجوم تكونت بأعداد كبيرة طوال وجود الكون ولا تزال تتكون الآن وسوف تستمر تتكون فى المستقبل. ومع ذلك فإن احتمالات هذا الحدوث ستتناقص بشكل منتظم .

والمصدر الرئيسى لتكوين نجم جديد هو سحب الغبار والغاز الهائلة الموجودة هنا وهناك فى الكون. وعلى رغم ضخامة الكون فإن توافر سحب الغاز والغبار محدود. فهناك مجرات أهليجية elliptical galaxies ليس بها قطرة من غبار أو غاز، وحتى فى المجرات اللولبية spiral galaxies (مثل مجرتنا) التى تعتبر غنية بالغبار والغاز، فهذه الوفرة مقصورة على الأذرع اللولبية spiral arms . فلا القلب ولا القنوات الكروية التى تشكل فى مجموعها تسعة أعشار كتلة مجرة من هذه المجرات بها الكثير من الغبار والغاز .

وعدد النجوم التى قد تتكون فى المستقبل من مادة الغبار والغاز هذه قد تكون نتيجة لذلك نسبة قليلة فقط من كل ما تكوّن فى الماضى .

ولا تزال تمثل هذه النسبة حوالى ١٠ بلايين نجماً فى مجرتنا وحدها، ومع أن هذا الرقم يبدو كبيراً إلا إنه صغير بالمقارنة بالنجوم الموجودة حالياً . وبعد انقضاء ٢٠٠ بليون سنة، وبعد أن تصبح كل النجوم الموجودة حاليا خارج المتوالية الرئيسية ، فإن بريق المجرة (الذى يتوقف فى الأساس على نجوم المتوالية الرئيسية) سيكون فقط ١/٣٠ فقط مما هو موجود حالياً ، وبعد انقضاء ٤٠٠ بليون سنة ، فسوف يكون البريق ١/١٠٠٠ فقط من البريق الموجود حالياً .

ومع ذلك، هناك طرق تستطيع من خلالها أن تتحول النجوم ، على الأقل جزئيا ، إلى غاز وغبار .

بعد أن يتحول نجم إلى عملاق أحمر red giant ، تستمر تفاعلات الاندماج فى قلبه ، حيث تنشأ عناصر أكثر تعقيداً ويأخذ مورد الهيدروجين الأساسى فى التناقص . إن آجلا أو عاجلاً ، سوف يصبح قلب النجم مثقلاً بالحديد. وبمجرد أن يتكون الحديد فى القلب فلا توجد فرصة لأى تفاعل نووى آخر يبعث بالطاقة هناك. فالحديد ، إن جاز القول ، هو الرماد النهائى للنشاط النجمى .

وهذا يعنى أنه لا يوجد ما يكفى من الطاقة المنتجة حينذاك تدمج القلب بصورة نشطة من أجل الحفاظ على استمرار تمدد النجم ضد جذب جاذبيته، ومن ثم ينكمش ، وفى الحقيقة ينهار النجم .

وعندما ينهار النجم تتحول طاقته الحركية إلى حرارة كما أشار إلى ذلك هيلموهولتز ، وتنطلق درجة حرارته بسرعة إلى ارتفاعات هائلة. ومعظم الوقود الهيدروجينى ، الذى حتى هذه المرحلة لا يزال وفيراً خارج القلب ، يقوم الآن بعملية الاندماج . بيد أنه سرعان ما يخبو اندلاع البريق ويبرد النجم المنهار تماماً، لأنه ليس هناك مصدر آخر من الحرارة .

وكلما كان النجم أكثر ضخامة كان انهياره مفجعًا، وكان بريقه اللحظى أعظم ، وكانت حالته الأخيرة أكثر ضآلة .

سوف تنهار النجوم التى لها كتلة مثل كتلة الشمس أو أقل فى هدوء تام نسبيًا وتفقد القليل من كتلتها أثناء العملية. وسوف تكوّن ما يسمى بـ "القزم الأبيض"white dwarf [٧] ، الذى سيكون بحجم مثل حجم كوكب صغير، على الرغم من أنه سيحتفظ بكل كتلة النجم، حيث ستنهار الذرات وتتدافع شظاياها بصورة أقرب نحو بعضها مما لو ظلت الذرات سليمة .

والقزم الأبيض ، يكون أبيض ، لأنه يتوهج بحرارة بيضاء على السطح بعد انهياره مباشرة، إذ يشع المزيد من الحرارة لكل متر مربع عما يشعه أى نجم عادى . ومع ذلك يخبو معدل الإشعاع بسرعة، فى البداية، وبعد ذلك يأخذ معدل الخفوت فى التباطؤ شيئاً فشيئاً . وسوف يأخذ القزم الأبيض آلاف البلايين من السنين حتى يتوقف عن بعث الضوء المرئى ويصير من البرودة بحيث يصبح معتماً، لكن ذلك ما سيحدث له فى النهاية .

ومع أنه قزم أبيض ساخن ومشع فى كل وحدة مساحة من سطحه، إلا أنه من الصغر بحيث تصبح كمية الضوء الكلية التى يشعها أقل كثيراً من كمية الضوء التى يشعها نجم عادى . وبمجرد أن تنهار الشمس إلى قزم أبيض كما سيحدث بعد أن تمر

بمرحلة العملاق الأحمر فسيصبح بريقها الكلى ١/١٠٠٠٠ فقط مما هو عليه الآن. وستكون هذه الحالة بالقرب من بداية حياة القزم الأبيض، وسوف ينكمش البريق بصورة أكثر انتظاماً كلما تقدمت فى العمر.

والنجوم الأكثر ضخامة بشكل متميز من الشمس تنهار بشكل مفجع لدرجة أنها تنفجر وتقذف بكتلتها فى الفضاء النجمى . وتشكل الكمية المقذوفة منها من حوالى ٢ ٪ بالنسبة للنجوم التى ليست أكبر كثيراً من الشمس إلى ٩٥ ٪ بالنسبة للنجوم العملاقة الحقيقية التى تعتبر أكثر ضخامة من الشمس بنحو خمسون مرة. وتظهر هذه الانفجارات فى صورة "متجددات عظمى[٨] "supernovas ، وتظهر هذه المتجددات بصورة منتظمة فى أماكن متفرقة من الكون، البعض منها يشع لفترة وجيزة ببريق يماثل بريق مجرة ذات نجوم عادية .

وتنهار المتجددات العظمى (السوبرنوفات) ، بعد الانفجار إلى أجرام أكثر كثافة من الأقزام البيضاء وتظل أقل إضاءة إلى حد بعيد. فهى تتكدس فى صورة نجوم نيوترونية neutron stars [٩] أو ثقوب سوداء[١٠] black holes ، يمكن اعتبارها لا تسهم فى بريق المجرة على الإطلاق.

وتسهم المتجددات العظمى فى إمداد الكون بالغبار والغاز، وتعتبر مهمة فى تكون النجوم بثلاث طرق :

١ – فهى تضاف إلى المادة الخام ، بالطبع .

٢ – قد تنشئ صدمة موجة الانفجار موجة انضغاط فى سحابة من الغبار والغاز يتصادف وجودها بالقرب من المتجدد الأعظم. وهذا يعمل على بدء تكون نجم، أو حتى تكون مجموعة كاملة من النجوم.

٣ – يعتبر غبار وغاز المتجدد الأعظم (السوبرنوفا) غنيا بالذرات الثقيلة التى تتكون فى قلب النجم، وهذه الذرات على درجة من الأهمية فى التكوين النهائى للحياة .

وأى ذرة بخلاف الهيدروجين أو الهليوم – أبسط الذرات – لم تتكون أثناء الانفجار العظيم، لكنها تكونت داخل بعض النجوم وانتشرت فى الفضاء كنتيجة

للانفجار النجمي . ويتكون حوالي ١,٥ ٪ من كتلة الشمس من ذرات أخرى غير الهيدروجين والهليوم ، و جاءت هذه الذرات من انفجار النجوم التي كانت موجودة وانفجرت قبل أن تنشأ الشمس وعائلتها من الكواكب. وقد تكونت كل الأرض – فيما عدا كمية صغيرة من الهيدروجين وآثار من الهليوم – من مادة كانت في يوم ما في قلوب النجوم، وهذا يصدق أيضًا على الذرات الموجودة في النسيج الحي (بما فيه نسيج أجسامنا الحي) التي لا تعتبر هيدروجينا – أي أنها تشكل ٩٠ ٪ من الكتلة الكلية .

وعلى الرغم من هذا، فإن المتجددات العظمى تضمن بأية حال ، الاستمرار غير المحدود لكون مشع .

أولاً: عدد النجوم التي من الضخامة لأن تنفجر وتضاف إلى غبار وغاز الكون عدداً قليل نسبيا. فأقل من ١ ٪ من مجموع النجوم من الضخامة بحيث تصنع انفجاراً مؤثراً بشكل حقيقي (مع أنه لا يزال هناك ٣ بليون نجم في مجرتنا وحدها – ووجدت بلايين أخرى في الماضي ، ولا يزال يوجد العديد منها في المستقبل) .

ثانياً : يعتبر الغبار والغاز الذي يتناثر في الفضاء عند انفجارها فقيراً نسبيًا بالهيدروجين وغنيا بالنوى الأكثر ثقلاً .

وربما تكون العناصر الأكثر ثقلا أساسية في تكوين الكواكب الشبيهة بالأرض ، وأساسية لنشوء الحياة ، لكنها ليست وقوداً اندماجيًا مهمًا . فالوقود الاندماجي المهم هو الهيدروجين ، ويُستنفد هذا الوقود على نحو مستمر ولا يمكن استعادته ، ولا حتى عن طريق انفجار متجدد أعظم .

وفي واقع الأمر، فإن سحب الغبار والغاز التي تتكاثف في صورة نجوم كلما تقادم الكون يتزايد فقرها بشكل منتظم بالهيدروجين وغناها بالعناصر الأخرى ، لذا فإن النجوم التي تتكون يكون لها زمن محتمل أقل في المتوالية الرئيسية .

على الرغم من تكون نجم جديد وانفجار نجم قديم ، فإن مجرتنا وجميع المجرات يخبو ضوؤها بصورة تدريجية ، وبعد فترة ولنقل ٤٠٠ بليون سنة، فإنها ستفنى بالفعل

إذا كنا سننتظر إلى بريقها. وسوف تتكون المجرات من أقزام بيضاء باردة، ومن نجوم نيوترونية ، ومن ثقوب سوداء، وبالطبع من عدد غير محدود من أجرام كوكبية صغيرة وباردة.

ومن نجوم المتوالية الرئيسية ، التى تشع بصورة برّاقة مثل شمسنا ، سيكون هناك العدد المتناثر الأكثر ضآلة . فإذا ما تخيلنا شخصاً ما ينظر إلى كوننا فى وضعه الحالى - على كل تبعثر مئات البلايين من المجرات بما فيها من النجوم البالغ عددها ١٠ بليون تريليون نجم - وبعد ذلك ينظر إلى الكون الذى عمره ٤٠٠ بليون سنة من الآن ، بومضة ضوئه الوحيدة العرضية ، فسوف يكون معذوراً إذا اعتبر الكون قد فنى .

وسيكون الموقف بالغ السوء إذا استمر الكون المتمدد حالياً فى تمدده بلا نهاية . وكل مجموعة مجرية ميتة سوف تستمر حينئذ فى التحرك أبعد وأبعد من كل مجموعة مجرية ميتة أخرى ، بحيث إنه بدءاً من ٤٠٠ بليون سنة من الآن، فسوف ينتشر ما سيتبقى من بصيص الضوء حوالى ٢٥ مرة إلى أجزاء متفرقة مما لو ظل الكون على وضعه الحالى . وعلى ذلك، فسوف تحل ظلمة أكثر عتامة .

الكون المنكمش

ولكن هل سيظل الكون فى تمدده إلى ما لانهاية ؟

يتمدد الكون ضد جذب الجاذبية الكلى للمادة فى الكون ونتيجة لذلك يتباطأ معدل التمدد . ومع ذلك ، يأخذ جذب الجاذبية فى الضعف أيضاً كلما تمدد الكون نحو الخارج .

وهذا الوضع يشابه ما يحدث لصاروخ عندما يتحرك لأعلى ضد جاذبية الأرض. فإذا بدأ الصاروخ بسرعة كبيرة ، سرعة تكون أكبر من سرعة إفلات الأرض (١١) فسيستطيع أن يبقى أمام الجاذبية، إن جاز القول. وتتباطأ السرعة لكن جذب الجاذبية الضعيف لن يجعله يتباطأ تماماً حتى يتوقف .

فلو كان الكون مقذوفًا للخارج من جراء الانفجار العظيم الأوليّ بسرعة أكبر من سرعة إفلات الكون ، فسوف يتمدد إلى ما لا نهاية . وإذا كانت سرعة التمدد أقل من سرعة الإفلات فسوف يتوقف التمدد فى النهاية ويبدأ الكون فى الانكماش مرة أخرى .

وإذا ما انكمش الكون مرة أخرى، فسوف يزداد معدل الانكماش بصورة منتظمة إلى أن ينضم كل شىء فى الكون فى صورة "انسحاق عظيم" big crunch على افتراض أنه بدأ كجرم صغير جداً وساخن بصورة تفوق الوصف فقد ينتهى الكون بنفس الطريقة ولا يفقد أى شىء من حجمه وكتلته فى هذه العملية، فلن تنضم فقط كل المادة فى الكون إلى بعضها مرة أخرى بل ينضم كل الإشعاع غير المادى أيضا .

وربما يبعث الانسحاق العظيم على انفجار عظيم جديد، يشكل كونا متمدداً جديداً من الهيدروجين والهليوم بحيث تبدأ العملية من جديد. وفى تلك الحالة ربما نكون نتحدث عن عدد غير محدود من الأكوان المتعاقبة ينفصل كل منها عن الكون الذى قبله والكون الذى بعده بعد كل عملية انسحاق وانفجار.

ما هو الفاصل الزمنى بين كل انفجار وانسحاق فى حالة كهذه ؟

من الصعب التكهن. إنه يتوقف على مدى انخفاض سرعة التمدد الكونى عن سرعة الإفلات . فكلما كانت سرعة التمدد الكونى أقل بكثير من سرعة الإفلات ، قصرت الفترات بين الانسحاق العظيم والانفجار العظيم .

ويجب أن تكون الفترة أكثر من ٣٠ بليون سنة، بالطبع، لأنه قد مضى حاليا ١٥ بليون سنة منذ آخر انفجار أو انسحاق عظيم ، ولا يزال الكون يتمدد.

دعنا نفترض أن الفترة هى ١٠٠٠ بليون سنة ، أو ١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة .

فى تلك الحالة ، بعد ٤٠٠ بليون سنة ، ربما يبدو الكون ميتًا لكن هذا الموت سيكون من الظاهر فقط. فسوف يتباطأ معدل تمدده حتى يزحف، وبعد ٥٠٠ بليون سنة سوف يصل إلى حالة توقف لحظى ، مع أنه طوال آلاف ملايين من السنين قبل

وبعد هذا التوقف ، فإن أية حركة (أولاً نحو الخارج ، وبعد ذلك نحو الداخل) ستكون من الصغر بحيث لا يمكن تبينها .

وببطء ، خلال آلاف ملايين السنين المنقضية بعد نقطة التوقف العظيمة هذه، سينكمش الكون بصورة أسرع وأسرع إلى أن يحين حدوث وقت الانسحاق العظيم وبعده يبدأ انفجار عظيم آخر يتوهج للخارج .

لكن هل سيحدث هذا على الإطلاق ؟ ألن يظل الكون مفتوحًا ؟ وألم تكن سرعة التمدد فى زمن الانفجار العظيم أعلى من سرعة إفلات الكون بحيث يستمر الكون فى التمدد إلى ما لا نهاية ، ولن يموت فقط بل سيظل ميتا ؟

إنها نقطة مطروحة للمناقشة. يقدِّر الفلكيون أنه لكى يكون معدل تمدد الكون أقل من سرعة الإفلات فيجب أن تكون الكثافة المتوسطة للكون (إذا ما التصقت كل المادة فى النجوم مع بعضها على نحو متساو) مساوية لثلاث ذرات هيدروجين فى المتر المكعب. وسوف يكون ذلك سببًا لمجال جذبىّ شديد بدرجة كافية ليوقف التمدد تمامًا و"يغلق" الكون .

وإن كانت لا تزال الكثافة المتوسطة للكون أكبر فسوف يتوقف التمدد بصورة أسرع. وكلما كانت الكثافة المتوسطة أعلى كانت المسافة بين فترات الانسحاق والانفجار أقصر .

وفى حقيقة واقعية ، على الرغم من أن الفلكيين يفترضون أفضل التقديرات للكثافة المتوسطة للكون على قدر استطاعتهم فقد وجدوا أن المتوسط هو حوالى ١٪ فقط مما هو مطلوب لإغلاق الكون. وإذا كان الأمر كذلك، حينئذ فلن يكون هناك جذب جاذبية كاف لإيقاف التمدد . فالكون المفتوح سيتمدد للأبد، وسيموت ، ويظل ميتا .

افترض ، مع ذلك ، أننا درسنا التركيبة الفعلية للكون. فالذرات التى يتكون منها الكون تتكون أساسا بالتالى من جسيمات البروتونات والنيوترونات والإليكترونات (التى سنعود إليها فيما بعد فى الكتاب) . بالإضافة إلى ذلك ، فهناك الفوتونات وهى الوحدات الأساسية للضوء والأشعة الأخرى المشابهة . وفى النهاية ، هناك الجسيمات الدقيقة المعروفة بالنيوترونوات (مفردها نيوترونو) .

لو أن كل المادة الموجودة فى الكون التصقت ببعضها على نحو متساو ، وإذا أخذنا حجمًا مساويًا لثلاثين مترا مكعبا، فإن أفضل التقديرات حاليا هى أن هذا الحجم سوف يحتوى على بروتون واحد، وإليكترون واحد، وبليون فوتون ، وثلاثة بلايين نيوترينو .

دعنا ندرس كلاً من هذه الجسيمات على حدة . وفى محل البروتون ، هناك احتمال ١/١٠ أن يوجد بدلا منه نيوترون . ومع ذلك، فالنيوترون له تقريبًا نفس كتلة البروتون ، وهذا لن يؤثر على الكثافة المتوسطة ، لذا يمكننا أن نتحدث عن البروتونات من أجل التبسيط .

تبلغ كتلة الإليكترون ١/١٨٣٦ فقط من كتلة البروتون، لذا فإن وجود الإليكترون أو غيابه لن يؤثر على الكثافة المتوسطة للكون إلا بـ ١/٢٠ من الواحد بالمائة، ولذا يمكننا التغاضى عنه .

وليست للفوتون "كتلة سكون"rest-mass ، أى أنه ستكون له كتلة مساوية للصفر لو كان فى وضع السكون بالنسبة للكون بصفة عامة . وهو رغمًا عن ذلك يتحرك بسرعة كبيرة جداً وله محتوى طاقة . ومحتوى الطاقة هذا فى حد ذاته يكافئ قدراً معينًا من الكتلة ، ولكن ليست كبيرة. والكتلة الممثلة بمحتوى طاقة جسيم أقل بكثير من كتلة سكون جسيم مثل البروتون . وفى الواقع، فإن طاقة كل البليون فوتون فى الثلاثين متراً مكعبًا تعتبر أقل كثيراً فى المكافئ الكتلى من كتلة سكون البروتون الواحد . وعلى ذلك يمكننا تجاهل الفوتونات ما دام تحديد شدة مجال الجاذبية للكون مأخوذاً فى الاعتبار .

ويمكن أن يقال الشيء نفسه عن النيوترون كما قيل عن البروتون [١٢] ويمكن أيضا تجاهله .

ويمكننا إذن أن نستخلص أنه من كل الثلاثين متراً مكعبًا ، فإن الشيء الوحيد الذى نعمل حسابه هو البروتون الواحد – وهذا ليس كافيًا . وسوف نحتاج على الأقل مائة بروتون فى هذا الحجم إذا كان التمدد سيتوقف وإذا كان الكون سيغلق .

ومع ذلك ففى سنة ١٩٨٠، أعلن الفيزيائى الأمريكى فردريش رينز Frederick Reines (١٩١٨-) نتائج تجارب معينة جعلت النيوترونو يبدو به قدر صغير جداً من كتلة السكون مع ذلك . وستجعل بعض التقديرات أن من الممكن أنه يكون له كتلة مساوية لـ ١/١٣٠٠ من كتلة الإليكترون،أو حوالى ١/٢٣٠٠٠٠٠ من كتلة بروتون.

فإذا كان الوضع كذلك (التجارب التى صنعته لا تزال حتى الآن موضع جدل) ، حينئذ فإن الـ ٣٠٠٠٠٠٠٠٠ نيوترونو فى الثلاثين متراً مكعباً سيكون بها كتلة كلية مساوية لكتلة ١٢٥ بروتون . وسوف يكون هذا كافياً ، وأكثر من الكافى لإغلاق الكون وضمان انكماشه فى يوم ما، ويظهر كون جديد شاب إلى الوجود فى النهاية .

وكما نرى ، إذن ،فقد امتد أفق الزمن للوراء إلى ١٥ ألف مليون سنة فى الماضى حتى مولد الكون ، وامتد للأمام فى المستقبل لنحو من عشرة إلى مائة مرة مثل هذا الزمن ، حتى موت الكون - أو ولادته الجديدة .

الهوامش

(١) كريستيان جوهان دوبلر: اكتشف ما يعرف بظاهرة دوبلر فى عام ١٨٤٢ . (المترجم) .

(٢) أثر دوبلر: التغير فى أطوال الموجات الإشعاعية كما يتم ملاحظتها ، نتيجة لحركة المصدر أو المشاهد. (المترجم) .

(٣) جورج جامو (١٩٠٤- ١٩٦٨) : فيزيائى أمريكى ، ولد فى أوديسا بروسيا. وفى سنة ١٩٤٨ ، ساعد على تطوير نظرية الانفجار العظيم عن أصل الكون ، وأسهم فى تحليل الحلزون المزدوج لنموذج الـ د.ن.أ(١٩٥٣) . وقد كانت له أيضا شعبية ناجحة ككاتب علمى . (المترجم) .

(٤) هناك بعض الجدل المثار حول عمر الكون ، وقدم بعض الفلكيين فى الآونة الأخيرة دلالة تبرهن على أن عمر الكون تسعة آلاف مليون سنة ، بينما كان هناك بعض الفلكيين الذين أصروا أن يكون عمر الكون أطول من خمسة عشر ألف مليون سنة ، أيضا . وحتى نصل إلى رقم مؤكد لعمر الكون ، فمن الحكمة أن نبقى على الرقم الأخير . (المؤلف) .

(٥) الكتلة هى صورة من الطاقة، لذا فإن التحول لا يبطل قانون بقاء الطاقة،ذلك الشيء الذى أشار إليه أينشتين فى البداية فى نظريته الخاصة للنسبية سنة ١٩٠٥ . (المؤلف) .

(٦) عملاق أحمر: نجم أحمر كبير تمدد كثيرا لتقدمه فى العمر. (المترجم) .

(٧) قزم أبيض : نجم خافت عالى الكثافة تنتهى إليه حال النجوم الأخرى كالشمس. (المترجم) .

(٨) المتجدد الأعظم : نجم ينفجر فيزيد سطوعه ملايين المرات على مدى أسابيع أو أشهر. (المترجم) .

(٩) نجم نيوترونى : نجم صغير فائق الكثافة جدا يتكون فى معظمه من البروتونات . قاموس الفلك المصور .

(١٠) ثقب أسود : جسم فلكى عالى الجاذبية جدا بحيث لا يفلت منه حتى الضوء . قاموس الفلك المصور .

(١١) سرعة الإفلات : هى السرعة الدنيا التى يستطيع بها جرم الإفلات من جاذبية جرم آخر . (المترجم) .

(١٢) أعتقد أن الكاتب يقصد الفوتون وليس البروتون الذى يمكن تجاهله. (المترجم) .

الفصل السادس عشر

لحظات الزمن

حتى الثانية وما دونها

عندما كنا نستكشف آفاق الزمن فى الماضى والمستقبل ، كنا نوسع فكرنا إلى المدى الطويل جدا ، ومع ذلك فهناك أيضا أفق يتضمن مُدداً زمنية أقصر على درجة تفوق الخيال . وفى بعض الأحوال كان التعامل – فى العصور ما قبل الحديثة – مع السنوات والقرون أسهل من التعامل مع الساعات والثوانى .

نشأت مشكلة التعامل مع أجزاء اليوم فى العصور القديمة بسبب عدم وجود تغيرات دورية طبيعية لفترة زمنية أقل من يوم . وكان أفضل ما يمكن إجراؤه – فى البداية – هو تحديد الجزء الذى تقع فيه الشمس فى السماء ، ويوجد منه الفجر والشروق والصباح ومنتصف النهار وبعد الظهر والمساء والشفق والليل .

والتحديق فى الشمس لتحديد موضعها لا هو بالوضع المريح ولا الآمن، فمن الأسهل دق عصا فى الأرض ودراسة الظل. ففى المنطقة المعتدلة الشمالية North Temperate Zone ، حيث نشأت الحضارات الأولى ، تشرق الشمس من الشرق وتعبر السماء (وتظل دائما جنوب السمت) وتغرب فى الغرب. ويشير الظل إلى الغرب فى الصباح ويتزايد قصرا مع تقدم النهار ويكون أقصر ما يمكن عند الظهر عندما يشير نحو الشمال ، بعد ذلك يطول جهة الشرق كلما اقترب النهار من نهايته.

استخدمت هذه الساعة الشمسية sundial فى مصر نحو سنة ٣٥٠٠ قبل الميلاد. وعلى مدى قرون أصبحت وسائل قياس الوقت أكثر تعقيداً، وفى النهاية استخدمت

ساعات شمسية أكثر إتقانا جعلت من السهل أن يقسم النهار إلى أجزاء ذات فترات متساوية تقريبًا. وأصبح من المتعارف عليه تقسيم النهار إلى اثنتى عشرة ساعة (من كلمة يونانية تعنى زمن اليوم) .

واستُخدم الرقم اثنا عشر لأنه كان من السهل قسمته بالتساوى على اثنين وثلاثة وأربعة وستة. وبالمثل، قسم الليل أيضا إلى اثنتى عشرة ساعة (على الرغم من أن الساعات الشمسية كانت عديمة الجدوى عند تحديد مرور الوقت مع غياب الشمس فى السماء) ، وبذلك أصبح اليوم ينقسم إلى أربعٍ وعشرين ساعة .

ولما كان نهار الأيام بعيداً عن خط الاستواء يزداد طولا وقصرا على مدار السنة وكذلك تطول الليالى وتقصر ، فإن التقسيم المتساوى للفترتين كان يعنى أن ساعات النهار أطول فى الصيف عنها فى الشتاء ، وكانت ساعات الليل أطول فى الشتاء عنها فى الصيف .

ولم يكن هذا مريحا لأن الإحساس الداخلى بالزمن لا يتغير مع الفصول. فالمرء يشعر بالجوع والتعب فى فترات متشابهة سواء فى الشتاء أو الصيف. ولحسن الحظ كانت هناك طرق أخرى لتقدير مرور الزمن مثل إنشاء حركة بطيئة جدا وتتبع تقدمها.

فالرمل الذى ينسكب من فوهة ضيقة، قد يأخذ مدة ساعة واحدة ليهبط من تجويف علوى إلى تجويف سفلى، عندما تتحدد هذه الساعة الزمنية بواسطة ساعة شمسية عند الاعتدال (عندما تتساوى طول فترة الليل والنهار). وهذه الساعة الزجاجية **hourglass** تقيس ساعة على نحو متساوٍ فى أى وقت من أوقات السنة . فإذا دارت ساعة شمسية كل مرة فإنها تكمل ساعة وتعد الساعات على التوالى طوال النهار والليل .

وميزة الساعة الزجاجية أنها تعمل أثناء الليل وأثناء النهار وحينما تكون السماء ملبدة بالغيوم وحينما تكون السماء صافية.

أو خلاف ذلك، يمكن أن تحترق الشموع والقناديل ، ويتحدد مرور الوقت عن طريق انخفاض مستوى الزيت فى القنديل أو عن طريق احتراق الشمعة.

كان الجهاز الأكثر نجاحا من هذه النوعية هو الساعة المائية water clock أو الكلبسيدرا clepsydra (من كلمة يونانية بمعنى ماء مختف) . ففى هذه الساعات ينسكب الماء من خزان إلى آخر، ويتحدد مرور الزمن من انخفاض مستوى الماء فى الخزان الأول وارتفاعه فى الخزان الثانى. وكانت تستخدم طرق بارعة للتأكد من استمرار سقوط الماء بمرور الزمن. وكانت تستخدم مؤشرات توضع فوق عوامات لتحديد الساعات .

بدأ المصريون يستخدمون الساعات المائية حوالى سنة ١٤٠٠ ق.م على أكثر تقدير ، ثم نقلها عنهم اليونانيون حوالى سنة ١٥٠ ق.م .

وفى وقت ما خلال القرن الرابع عشر تم استخدام الساعات الآلية mechanical clocks . وكانت تدور العقارب على ميناء الساعة بواسطة تروس متحركة. وكانت التروس مسننة ، وتعمل الأثقال المتدلية على إدارة التروس من سن إلى أخرى على فترات زمنية منتظمة. ولما كان الترتيب هو أن تتوقف التروس ثم تهرب من الانحباس ، ولا تتحرك إلا لتقف مرة أخرى ثم تقوم بهذا العمل مرة تلو الأخرى، فقد سمى هذا النوع من الأجهزة " مضبط الانفلات escapement ".

كانت الساعات الآلية تتحسن على نحو منتظم خلال العصور الوسطى، ولأول مرة كان يمكن الاعتماد على الساعات فى قياس كسور الساعة. (وكان السومريون Sumer-ians فى وادى دجلة والفرات هم أول من ابتكر الساعة ، وفقا للروايات التى وصلتنا قبل سنة ٢٠٠٠ ق.م. وكانت الساعة تقسم إلى ستين دقيقة. وأيضًا ، كان "الستون" رقمًا مناسبًا لأنه يقبل القسمة بالتساوى بطرق عديدة . وكلمة "دقيقة من كلمة لاتينية بمعنى جزء صغير.") .

وكانت أفضل الساعات الآلية من النوعية الموجودة فى العصور الوسطى تحافظ على الوقت فى حدود خمس دقائق فى اليوم .

وحدثت نقطة تحول فى سنة ١٥٨١، عندما تصادف أن راقب شاب إيطالى يدعى جاليليو جاليلى Galileo Galilei [1](١٥٦٤ – ١٦٤٢) ثريا تتأرجح فى كاتدرائية بيزا أثناء أداء الصلوات. وقد حسب زمن الأرجحة بواسطة عد ضربات نبضه ولاحظ أنها

تأخذ نفس الزمن الذى تأخذه الثريا لتتحرك من جانب للجانب الآخر، سواء تأرجحت على طول قوس كبير أم تأرجحت على طول قوس صغير. وقد قام باختبار ذلك فى منزله عن طريق تعليق أوزان وجعلها تتأرجح ولها أقواس مختلفة الأطوال .

واكتشفت لأول مرة حركة دورية ذات مدة ثابتة لفترات زمنية صغيرة .

وكما اتضح ، لم يكن للبندول أرجحة ثابتة بشكل مطلق حيث تحتاج الأرجحة الطويلة وقتا أكثر قليلا من وقت الأرجحة القصيرة. بيد أنه فى حوالى سنة ١٦٥٧، ابتكر الفلكى الهولندى [٢] كريستيان هايجنزChristiaan Huygens (١٦٢٩ - ١٦٩٥) طريقة للحصول على أرجحة بندول خلال قوس دائرى ، وهو نوع أشبه ما يكون بنصف دائرة مسطحة فضلا عن كونه من دائرة. وفى ظل هذه الحالة ، كانت الأرجحة ثابتة بالفعل. بعد ذلك ابتكر هاجينز ساعة تعمل فيها الأوزان الساقطة على أرجحة البندول ببطء وكانت الأرجحة الثابتة تحرك (ميزان) شاكوش الساعة .

وقد اخترع ما يمكن أن نطلق عليه اليوم "الساعة الجد grandfather clock " باستخدام بندول طويل يضرب الثوانى . (تساوى كل ثانية ١/٦٠ من الدقيقة وسميت ثانية لأنها التقسيم الثانى للساعة لكونها واحد من ستين من واحد من ستين من الساعة) .

لم يكن التقديم أو التأخير فى الساعة الأولى البندولية لهاجينز يزيد عن عشر ثوان فى اليوم ، وكانت بذلك أدق بنحو ثلاثين مرة من أفضل ساعة آلية . وبحلول عام ١٧٣٠، تحسنت هذه الساعات لدرجة أنها كانت تقدم أو تؤخر فى حدود ثانية واحدة فى اليوم ، وبحلول سنة ١٨٣٠، بلغت دقتها إلى ١/١٠ من الثانية فى اليوم ، وبحلول سنة ١٨٨٥ وصلت دقتها إلى ١/١٠٠ من الثانية ، وبحلول سنة ١٩٢٥، وصلت دقتها إلى ١/٥٠٠٠ من الثانية فى اليوم .

اكتشف الفيزيائى الإنجليزى روبرت هوك Robert Hooke (١٦٣٥ - ١٧٠٣) أن زنبركات لولبية دقيقة (زنبركات شعرية) يمكن أن تتمدد وتنكمش حول وضع اتزان فى أزمنة ثابتة. ومن خلال استخدام "زنبرك رئيسى" بدلاً من الأوزان وزنبرك شعرى

بدلاً من البندول ، أمكنه تصنيع ساعة محمولة portable timepiece تعتبر أول "ساعة جيب" pocket watch .

وأدخل صانع الآلات الإنجليزى جون هاريسون John Harrison (١٦٩٣ - ١٧٧٦) تحسينات على هذه الساعات المحمولة حتى أصبحت الساعة لا تقدم أو تؤخر أكثر من دقيقة بعد أن تظل على متن سفينة متأرجحة فى البحر طوال خمسة أشهر .

وأضافت وسائل أخرى مثل الساعات الكهربية electric clocks والساعات التى تعمل بالبلّورات المتذبذبة أو الذرات المتذبذبة دقة متزايدة على نحو منتظم. وحاليا توجد "الساعات الذرية"atomic clocks ، التى لا تقدم أو تؤخر أكثر من ثانية واحدة خلال ألف سنة .

وقد يتساءل المرء، ما الحاجة لكل هذه الدقة العالية لقياس الزمن . ما هو الاختلاف فى ثانية خلال ساعة أو ساعتين، ناهيك عن الاختلاف فى ألف سنة ؟

فى الحياة العادية ، جاءت الحاجة إلى الدقة المتزايدة مع عمليات التصنيع المتقدمة . فقد جعل مجىء السكك الحديدية وتطوير مواعيد القطارات أن أصبح من المهم تحديد الوقت حتى دقيقة واحدة . وجعل ابتكار الراديو المستمعين يفضلون معرفة الوقت بدقة عالية لأقرب ثانية .

وبحلول القرن التاسع عشر، كانت ساعات الجيب السمة الظاهرة بين الذكور الأثرياء فى الدول الصناعية . وبعد الحرب العالمية الأولى ، أصبحت ساعات اليد السمة الظاهرة بين عدد كبير من كلا الجنسين. وفى الوقت الحاضر ، فإن كل فرد تقريبًا فى دولة مثل الولايات المتحدة يعرف بطريقة أو بأخرى الوقت على مدار اليوم .

بيد أنه بالنسبة للعلماء ، فالتوقيت البالغ الدقة ضرورى، وبالنسبة لهم أصبحت الفترات الزمنية المتناهية القصر مهمة .

أعمار النصف[٣]

اعتبر، على سبيل المثال، أعمار نصف مشعة. فاليورانيوم – ٢٣٨ له أعمار نصف half-lives ٤,٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة ، ولا يقاس عمر النصف هذا بطريقة مباشرة. فلا يمكنك الانتظار ٤,٥ ألف مليون سنة لترى أن نصف اليورانيوم قد انشطر . بيد أنه يمكنك أن تحسب عدد مرات انشطار عدد ثابت من ذرات اليورانيوم –٢٣٨ طوال فترة زمنية ثابتة، ومن هذا الحساب يمكنك أن تحسب عمر النصف. وبصورة طبيعية، كلما كان قياس الفترة الزمنية الثابتة أكثر دقة كان عمر النصف الذى تحصل عليه فى النهاية أكثر اعتماداً عليه .

كانت أعمار النصف الأولى التى وجدت طويلة جدا ، حيث كانت أول ذرات مشعة تكتشف هى الذرات التى لا تزال موجودة على الرغم من أنها كانت تنشطر على سطح الأرض منذ نشأة الكوكب لزمن يصل إلى ٤,٥ ألف مليون سنة . وفى ذلك الزمن ، انشطر نصف اليورانيوم – ٢٣٨ الأصلى ؛ وكان لا يزال موجوداً منه قدر كاف ليجعل من اليورانيوم معدنا نادراً نسبياً، لكنه ليس من المعادن الشديدة الندرة .

ومع ذلك فليس كل أعمار النصف طويلة؛ فاليورانيوم –٢٣٨ ينشطر فى النهاية إلى الرصاص –٢٠٦، لكنه يقوم بذلك خلال سلسلة من الذرات المشعة الوسيطة . وفى أى خام يحتوى اليورانيوم –٢٣٨ ، توجد أيضا كل الذرات المشعة.

تعتبر كل الذرات المشعة الوسيطة لها أعمار أقصر من اليورانيوم –٢٣٨ ، لذا فإنها تنشطر بصورة أسرع من تراكمها، وهذا يعنى أنه توجد تركيزات صغيرة جدا من هذه الذرات الوسيطة. ويمكن أن يتضح أنه كلما كانت فترة عمر النصف أقصر كان تركيز الذرات الوسيطة أصغر من تركيز اليورانيوم – ٢٣٨ .

وعلى سبيل المثال ، هناك أيضا فى الصخور التى تحتوى على اليورانيوم –٢٣٨ نظير يسمى راديوم –٢٢٦ . والراديوم –٢٢٦ يوجد بتركيز ١/٢٨٤٠٠٠٠ فقط من تركيز اليورانيوم – ٢٣٨ . وعلى ذلك فعمر نصف الراديوم –٢٢٦ هو ١/٢٨٤٠٠٠٠ من عمر نصف اليورانيوم –٢٣٨، أو حوالى ١٦٢٠ سنة . (وفى الواقع ، من

الأسـهل تحـديد عـمـر نصف الراديـوم -٢٢٦، ومنه يمـكن حـسـاب عـمـر نصف اليورانيوم -٢٣٨ .)

وهناك أعمار نصف أقصر من عمر نصف الراديوم -٢٢٦ أيضا ، ويمكن حساب أعمار النصف القصيرة بطرق مختلفة. وبذلك يتضح أنه كلما كان عمر نصف أية ذرة أقصر ، التى تنشطر بواسطة بعث إشعاعات معينة تسمى "جسيمات ألفا[٤] "Alpha particles ، كانت جسيمات ألفا تلك أكثر نشاطا. ويمكن تحديد طاقة جسيمات ألفا بملاحظة مدى عمق اختراقها للمادة، ومن هذا المدى يمكن حساب أعمار نصفها .

ويعـد البـولينيـوم -٢١٠ من بيـن المراحل الوسـيطة لانشـطار اليـورانيـوم -٢٣٨، وله عـمـر نصف ١٣٨,٤ يومـا، والبزمث -٢١٤ له عـمـر نصف ١٩,٧ دقيقـة، والاسـتـاتين -٢٣٨ له عـمـر نصف ثانيتـان، والبـولونيـوم -٢١٤ له عـمـر نصـف ٠,٠٠٠١٦ ثانية .

ومن الطبيـعى ألا توجـد هذه الذرات ذات أعـمار النصف القصـيـرة على الأرض حاليا، لو لم تكن تتكون بشكل ثابت من انشطار اليورانيوم -٢٣٨ .

وفى انشطار الثـوريوم -٢٣٢ يتـكون وسـيـط غـيـر ثابـت . إنه البـولونيـوم -٢١٢، ذو عـمـر نصـف ٠,٠٠٠٠٠٣ ثانيـة ، وهـذا لا يزيـد عن ثلـث المليـون من الثـانيـة ، ومع ذلك فـوجـود مـادة سـريعـة الزوال بحـيـث لا يمكـن عـزلـهـا بمقادير محـسـوسة يتضح من طبيـعة جسيمات ألفا التى تقذفهـا - ويمكن تحديد خصائصها أيضا .

لقد امتد أفق الإنسان للفترات الوجيزة إلى ما دون الواحد من المليون من الثانية أيضا. وفى الثلاثينيات وما بعدها أنشئت مسرعات جسيم[٥] particle accelerators ضخمة جعلت فى مقدور الفيزيائيين التعامل مع جسـيمات أصغر بكثـير من الذرات (الجسيمات دون الذرية) وإكسابها طاقات ضخمة. وبتحطيم هذه الجسيمات دون الذرية فى الذرات وفى إحداها الأخرى ، تمكنوا من إنتاج أنواع جديدة من الجسيمات دون الذرية ذات أعمار نصف فائقة القصر.

جاءت هذه الجسيمات سريعة الزوال إلى الوجود بطاقة تكفى لجعلها تنتقل بسرعة قريبة من سرعة الضوء ، بيد أنها تدوم لفترة وجيزة حتى أنها عند تلك السرعة تتخذ مسارات قصيرة جداً فى الأجهزة المصممة لمراقبتها من خلال قطرات الماء أو فقاعات الغاز الصغيرة جدا التى تتركها.

وعلى ذلك ، توجد ثيتا – ميزون meson – theta بعد تكونها لفترة لا تزيد عن ١٠ –١٠ ثانية (مائة تريليون جزء من الثانية) .

ومع ذلك فليس هذا هو الحد المتناهى القصر للزمن . ففى السنوات القليلة الأخيرة ، كان الفيزيائيون يستنبطون النظرية الموحدة الكبرى(٦) Grand Unified Theory ، التى يعول عليها أن تتعامل مع أنواع القوى المختلفة التى نعرفها(٧) ، وتضمها كلها تحت مجموعة من العلاقات الرياضية. وباستخدام النظرية الموحدة الكبرى ، كما يطلقون عليها ، استنبط الفيزيائيون المسار المحتمل للأحداث التى وقعت بعد الانفجار العظيم مباشرة. وقد تعطى النظرية الموحدة الكبرى نتائج باهرة (من المتصور) لأحداث وقعت بعد فترة قصيرة تصل إلى ١٠ –٤٣ ثانية من الانفجار العظيم ، وهى فترة زمنية متناهية فى الضآلة .

رحيل الزمن

هل نستطيع أن ننتقل خلال الزمن ؟

إلى حد ما ، نفعل ذلك بشكل منتظم، فكل واحد منا ينتقل للأمام خلال الزمن بمعدل ثانية كل ثانية.

ومع ذلك ، فالسؤال هو هل يمكن أن نغير هذا المعدل؟

يمكننا أن نغير هذا المعدل إذا كنا نتحرك بالنسبة للكون بشكل عام. فالتغير فى المعدل صغير جدا فى السرعات العادية. فشخص يطير حول العالم بطائرة نفّاثة بسرعة أعلى من سرعة الصوت بمعدل كيلومتر فى الثانية لمدة عشر سنوات وفقا

لساعته الدقيقة متناهية الدقة ، سوف يجد فى نهاية هذه المدة أن الناس الباقين فى منازلهم على سطح الأرض مرت عليهم مدة عشر سنوات وتسعة أيام ونصف، بحيث يعتبر هذا الشخص أنه انتقل فى المستقبل فى هذه الفترة ٩,٥ يومًا .

ومن الطبيعى، إذا تحرك بسرعة أكبر وأكبر فسوف يصبح الفرق أكبر. وإذا كان على متن سفينة فضائية تطير بسرعة ٢٦٠,٠٠٠ كيلومتر فى الثانية (٧/٨ سرعة الضوء) ، فمرور الزمن عليه يصل إلى نصف الزمن الذى يمر على الناس الموجودين فى منازلهم على سطح الأرض. سوف تسجل ساعتك عشر سنوات (وهو سوف يعيش عشر سنوات) بينما سجلت الساعات الموجودة على سطح الأرض عشرين سنة (وكل فرد على الأرض عاش تلك السنوات العشرين) .

وإذا كان لا يزال يطير بصورة أسرع فسوف يتزايد الفرق، فإذا كان يطير بسرعة ٢٩٥,٠٠٠ كيلومتر فى الثانية (٩٨,٣ ٪ من سرعة الضوء)، فعندما يكون قد مر عليه عشر سنوات تكون قد مرت على الأرض ٥٤,٤ سنة، وهلم جرا.

وبهذه الطريقة (نظريا) يمكنه أن ينتقل إلى المستقبل حسب رغبته ، على شرط توفر الطاقة التى توصله إلى هذه السرعة ، والتى تسمح له بأن يلف ويخفض من سرعته ليعود إلى سطح الأرض . (وعلى شرط أن يكون الانتقال بهذه السرعات مقبولا من الناحية العملية) .

وأما بالنسبة إلى الرجوع بالزمن للوراء، فذلك موضوع مختلف .

يمكننا النظر للخلف فى الزمن ؛ حقا لا يمكننا إلا أن نفعل ذلك ، فالضوء دائمًا يأخذ وقتًا حتى يصل إلينا ، مهما قصرت المسافة ، ونحن لا نرى جسمًا كما هو إلا عندما يتركه الضوء . فإذا كنا نقف على مسافة ٣٠٢ أمتار من شيء ما، فنحن نرى هذا الشيء على وضعه الموجود عليه منذ زمن قدره ١٠ $^{-8}$ ثانية (مائة من المليون من الثانية) . (ومن الطبيعى أن يكون هذا الفارق الزمنى غير محسوس بالمرة على المستوى المعتاد ونعتبر أننا نرى الشيء "بالصورة الموجود عليها الآن") .

ومن ناحية أخرى ، يقطع شعاع الضوء القادم من الشمس ثمانية دقائق حتى يصل إلينا ، ولذا نرى الشمس بالصورة التى كانت عليها منذ ثمانية دقائق مضت (ولو كانت قد اختفت منذ ثلاث دقائق،فلن نعرف ذلك إلا بعد خمس دقائق أخرى) . ونحن نرى النجم رجل الجبار فى الصورة التى كان عليها قبل ٤,٣ سنة مضت ، والنجم السماك الرامح Arcturus بالصورة التى كان عليها قبل أربعين سنة مضت .

وعندما ننظر إلى مجرة المرأة المسلسلة نراها بالصورة التى كانت عليها قبل ٢,٣٠٠,٠٠٠ سنة مضت (حيث يأخذ شعاع الضوء الصادر منها حتى يصل إلينا هذه الفترة الزمنية الطويلة جداً) ، وعندما ننظر إلى أبعد أشباه النجوم التى يمكن رؤيتها نراها بالصورة التى كانت عليها قبل ١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة مضت. والضوء الذى نراه ينبعث من شبه نجم بعيد بدأ رحلته الطويلة قبل آلاف ملايين السنين من قبل أن توجد المجموعة الشمسية .

وبالطبع، كلما تطلعنا إلى أبعد فى الماضى فما نراه الأقل ، حيث يجب أن ننظر خلال مسافات أكبر وأكبر .

لو استطعنا أن ننتقل بعيدا عن الأرض بسرعة أكبر من سرعة الضوء ، ولو رصدنا الأرض كما كانت من قبل ، فسوف نكون مستبقين حزم الضوء التى غادرت الأرض. ومن الناحية النظرية، يمكننا أن نراقب تاريخ الأرض ينكشف للوراء . ولكن من جهة أخرى ، كلما انتقلنا أبعد استطعنا النظر أبعد إلى الماضى، وأن نرى الأقل ، لأننا نقايض هذا البعد والنظرة الخلفية الأبعد بمسافات أكبر وأكبر .

هل يمكننا أن نفعل كما يحدث فى قصص الخيال العلمى- الجلوس فى إحدى الوسائل وندير بعض الأزرار، ونخرج إلى الأرض عندما تكون فى سنة ٣٠٠٠ أو عندما كانت سنة ٣٠٠٠ ق.م ؟

ويبدو أن هذا من المستبعد تماما ، دائما، فالأرض تتحرك حول الشمس بسرعة ٣٠ كيلومترا فى الثانية، وفى ثلاث ساعات تتحرك مسافة ٣٢٤,٠٠٠ كيلومتر . ولو دخلنا فى آلة زمن time machine وضغطنا على زر وانتقلنا ثلاث ساعات

فى الماضى سنجد أنفسنا حينئذ فى الفضاء الخارجى وتبعد عنا الأرض ٣٢٤,٠٠٠ كيلومتر .

ولو تخيلنا أن آلة الزمن تتحرك مع الأرض وبإمكاننا أن نضغط على زر ونخرج إلى الماضى ثلاث ساعات ولا نزال نجد أنفسنا على الأرض ، حينئذ كان علينا أن ننتقل مسافة الـ ٣٢٤,٠٠٠ كيلومتر فى الوقت الذى أخذناه فى الضغط على الزر وكنا نطير حينئذ بسرعة أكبر من سرعة الضوء .

ثم بالطبع ، إن الأمر أكثر تعقيدا من هذا أيضا،لأن الأرض لا تتحرك فقط حول الشمس لكنها تتحرك مع الشمس حول محور المجرة ومع المجرة فى مسار خلال مجموعة محلية من المجرات وبين المجرات عموما .

وإذا استطعنا التوفيق بين كل هذه الحركات بطريقة ما، يبدو من المنطقى إذن أن الأمر يتطلب طاقة للقيام بذلك، بحيث يتطلب الرحيل عبر الزمن طاقة مثل الطاقة التى نحتاجها للانتقال عبر الفضاء ويتطلب زمنًا أيضًا – والذى ينفى فى الحال الفكرة كلها .

وعلاوة على ذلك، هناك تناقضات موجودة . فقصة الخيال العلمى الكستنائية القديمة لرجل يرحل إلى الماضى ويقتل جده بحيث إنه هو نفسه لم يكن قد ولد ولا يمكن أن يكون قد قام بهذا العمل ، هى مجرد حالات يستشهد بها على بطلان رحيل الزمن لمبدأ السببية **the principle of causality** .

وفى النهاية، حتى لو لم يبطل مبدأ السببية، وإذا أمكننا تخيل هذا التقدم التكنولوجى فى المستقبل بجعل رحيل الزمن أمراً واقعياً فلا يزال يبقى – على قدر علمنا – أن لا يزورنا أحد من المستقبل .

وربما يعنى هذا أن مسافرى الزمن حريصون ألا يجعلوا أنفسهم مرئيين – أو ربما يعنى أن أحداً لا يستطيع فى المستقبل أن يحل المشكلة . (وربما أشك فى الاحتمال الأخير) .

الهوامـــش

(١) جاليليو جاليلى : عالم فلك إيطالى،أيد نظرية كوبرنيكوس بأن الأرض تدور حول الشمس . (المترجم) .

(٢) كريستيان هايجنز : فيزيائى وعالم فلك هولندى. اخترع أول ساعة مزودة برقاص أو بندول (١٦٥٦) . (المترجم) .

(٣) عمر النصف : الزمن الذى يلزم نوى مشعة من نوع ما، لتنقص إلى نصف عددها ، أو هو الزمن اللازم لينقص نشاطها الإشعاعى إلى نصف قيمته، نتيجة للتحلل الإشعاعى. معجم الفيزياء – أكاديميا ١٩٩٢

(٤) جسيم ألفا : عندما تخرج نواة ذرة الهليوم فى التحلل الإشعاعى من نواة مشعة فإنها تسمى جسيم ألفا. ويحتوى جسيم ألفا على بروتونين ونيوترونين، تترابط بينهما بالقوى النوية، وجسيمات ألفا موجبة الشحنة . (المترجم) .

(٥) مسرع الجسيمات : جهاز لتسريع الجسيمات المشحونة، مثل الإلكترونات والبروتونات وأيونات الذرات الخفيفة أو الثقيلة . (المترجم) .

(٦) انظر كتابنا القوى الأساسية الأربع فى الطبيعة ، الناشر : المجلس الأعلى للترجمة . (المترجم) .

(٧) بالفعل هناك أربعة فقط من هذه القوى،وهى على حسب ترتيب اكتشافها: تأثير الجاذبية والتأثير الكهرومغناطيسى والتأثيران النوويان المختلفان الضعيف والقوى. (المؤلف) .

الفصل السابع عشر

السرعة (speed)[1]

الأشياء الحية

قبل أن نتناول مزيداً من الموضوعات دعنا نضم المجالين اللذين ناقشناهما قبلاً – ونعنى مجالى المكان والزمان ، فمن الممكن الانتقال خلال المكان (الفضاء على نحو أشمل) فى زمن معلوم كما ثبت لنا خلال هذا الكتاب.

السرعة **speed** هى معدل الإزاحة – أى المسافة التى يقطعها المرء فى زمن معين. وإذا كانت السرعة فى اتجاه معين فيقصد بها السرعة الاتجاهية **velocity**، وهى مصطلح أكثر دقة. ومع ذلك فسيقتصر حديثنا فى هذا الفصل على السرعة **speed** ، أما السرعة الاتجاهية فهى مسألة غير مادية.

كان للبشر دائما قدرة على التحرك بإحدى طريقتين رئيسيتين :المشى والجرى. ففى المشى تظل قدم واحدة على الأقل ثابتة على الأرض طوال الوقت ، وفى الجرى هناك أحيان يكون فيها كلا القدمين مرفوعتين فوق الأرض. (والهرولة هى نوع من الجرى البطىء من أجل التدرب على الاحتمال أو اكتساب مهارات جسمانية. ومن الممكن أيضا التقدم بالوثب والقفز ولف دولاب الكارة **Cart wheels** وهلم جرا ، لكن هذه الحركات هى ألعاب أو تمرينات وليست أوضاعاً طبيعية للتقدم) .

وقد يكون المشى الخفيف الطبيعى بمعدل خمسة كيلومترات فى الساعة، مع أن هذه السرعة يمكن زيادتها عند الضرورة. وبصفة عامة ، عندما يكون فى حاجة إلى الإنسان سرعة أكبر فإنه يدخل فى طور الجرى فى حين يمكن الثبات على المشى السريع لمسافات طويلة فى صورة تمرينات رياضية أو مسابقات .

والذين لم تُتَح لهم فرصة ممارسة المشى الذى إما أن يكون طويلاً أو سريعًا فمن المدهش اكتشاف ما يمكن أن تتجزه الآلة البشرية خلال التدريب والتمرين. والرقم العالمى للمشى عشرين كيلومترا هو ساعة وخمس وعشرون دقيقة وتسع عشرة وأربعًا من عشرة من الثانية، والتى تصل لسرعة ٤١ كيلومترا فى الساعة.

ومن الطبيعى ، عندما تزداد المسافة فإن متوسط السرعة (أو معدلها) تنخفض. والرقم المسجل لـ ٥٠ كيلومتر هو ٤ ساعات و ٣٧،٣ ثانية، وهى سرعة تصل إلى ١٣.٥ كيلومترا فى الساعة .

والعدو ، إذا تساوت جميع الظروف يعتبر أسرع من المشى. ويعد الماراثون marathon من أكثر سباقات الجرى طولاً ، وقد سمى بذلك لأنه يفترض أنه يمثل المسافة التى قطعها العدّاء اليونانى فيديبدس Pheidippides ، عندما أبلغ عن نتائج معركة الماراثون لأهالى أثينا فى سنة ٤٩٠ ق . م . وطول سباق المارثون هو ٤٣.٣ كيلومتر ، والزمن المسجل هو ٢ ساعة و ٨ دقائق و ٣٢.٦ ثانية، وهذا يمثل متوسط سرعة ١٩.٧ كيلومترا فى الساعة والتى تعتبر أكبر ١.٦ مرة تقريبًا من السرعة التى يمكن أن يقطعها خبير فى المشى.

ومن الطبيعى ، أنه على مسافات قصيرة يزداد متوسط السرعة، والرقم المسجل لعشرة كيلومترات عدو هو ٢٧ دقيقة و ٣٠.٨ ثانية بمتوسط سرعة ٢١.٨ كيلومترا فى الساعة. وقد تم قطع مسافة الميل الواحد (١.٦ كيلومتر) عدوًا فى ٣ دقائق و ٥١.١ ثانية بمتوسط سرعة ٢٥ كيلومترا فى الساعة. والرقم المسجل لسباق المائة ياردة (٠.٠٩١٤ كيلومتر) هو ٩ ثوانٍ بمتوسط سرعة ٣٦.٥٦ كيلومترا فى الساعة.

وبالطبع ، فإن متوسط (معدل) السرعة لعداء يجرى سباق المائة ياردة ينخفض لاضطراره إلى التعجيل البدء من السكون . وفى سنة ١٩٦٣ ، تم تحديد الزمن الذى قطعه عداء فى المسافة من علامة الستين ياردة وعلامة الخمسة وسبعين ياردة ، ووجد أن السرعة التى حققها فى مسافة الخمس عشرة ياردة هذه كانت ٤٤.٩ كيلومترا فى الساعة، وربما تكون أعلى سرعة يستطيع أن يجرى بها جسم إنسان لمسافة كبيرة بدون وسيلة تنشيط .

كان الإنسان يضطر خلال معظم الوجود البشرى إلى الاعتماد على عضلاته للانتقال من مكان إلى آخر. وكان البدو الآسيويين يروضون الجياد حوالى سنة ٢٠٠٠ ق . م . ، بعد ذلك تزايد استخدام البشر لهذه الحيوانات عندما رغبوا فى السفر بسرعات أعلى مما يستطيعون القيام بها بأنفسهم (أو من كانوا يرغبون فى السفر بأقل مجهود) .

وفى الاستخدام العادى ، تستطيع الجياد العادية أن تعدو بسرعة أكبر مما يستطيع الناس العاديون ، وتستطيع الجياد وبخاصة الأنواع المدربة على السرعة فى ظل ظروف جيدة أن تتفوق على المتسابقين خلال مسافات مماثلة.

والرقم القياسى العالمى لعدو الثلاثة أميال (٣٨,٤ كيلومتر) بواسطة حصان سباق هو ٥ دقائق و ١٥ ثانية ، والذى يمثل متوسط سرعة ٥٥.٢ كيلومترا فى الساعة. وتستطيع الجياد خلال مسافات قصيرة أن تحقق سرعة ٦٤ كيلو مترا فى الساعة ، والتى تعتبر أكبر مرة ونصف تقريبًا من أكبر سرعة يستطيع أن يجريها إنسان، ويمكن أن تحتفظ الجياد بهذه السرعة لمسافات ١.٥ كيلومتر.

ولا يوجد العديد من الحيوانات البرية التى تستطيع أن تفوق حصان السباق، فالأرنب الأمريكى الذى يجرى بأقصى سرعته ربما يستطيع أن يجارى حصان سباق: سريعًا بفضل قدرته على القفز مسافات طويلة. ويمكن لحيوان كنغر كبير خائف يجرى للنجاة بنفسه أن يقوم بقفزات أطول (وقد سجلت إحدى القفزات التى وصلت ١٢.٨ مترا) ويمكنه أن يتجاوز حصان سباق .

ومن الغريب أن يستطيع حيوان له ساقان القيام بذلك. فالنعامة حينما تلوذ بالفرار يعتقد أنها تستطيع تحقيق سرعة ٧٠ كيلومترا فى الساعة. ولا شك فى أنها أسرع كائن حى يجرى على الأرض على ساقين.

وتستطيع أنواع عديدة من الأيل والظبى والغزال التفوق على الحصان. وقد ذكر أن الظبى الأحمر يصل لسرعة ٦٧ كيلومترا فى الساعة ، ويستطيع الوعل الأمريكى المجتر على ما يبدو أن يصل إلى سرعة تقرب من ١٠٠ كيلو متر فى الساعة عندما يجرى بأقصى سرعته .

٥

كل هذه الحيوانات البرية التى ذكرتها جميعًا حيوانات تعيش على العشب ، وهى تعيش على أراض مسطحة، والسرعة هى إحدى وسائلها المؤكدة للهروب من آكلات اللحوم ، وأكثرها سرعة هو أكثرها احتمالا للبقاء، وقد أفرز مسار التطور حيوانات تستطيع العدو على الأرض بسرعة مدهشة .

وآكلات اللحوم بصفة عامة لا تجرى بالسرعة التى تجرى بها فريستها، حيث تستطيع أن تجد طعامها بالترصد أو بالمراوغة أو بالقفز من مكامنها. وتستطيع أيضا أن تكتفى بالحيوانات الصغيرة والعجوز والمريضة والمصابة، التى لا تستطيع لسبب أو لآخر مجاراة القطيع بأقصى سرعة.

وعلى الرغم من ذلك ، تستطيع بعض آكلات اللحوم أن تسرع بالمثل؛ فالقيوط (ذئب شمال أمريكى صغير) يستطيع أن يجرى بسرعة ٥٥ كيلومترا فى الساعة إذا أكره على ذلك ، وربما لا يكون فى سرعة الأرنب الأمريكى لكنها سرعة كافية .

ومع ذلك فإن أسرع الحيوانات البرية ، هو برغم كل شى ، آكل اللحوم الفهد الصياد. وعلى مسافة نصف كيلومتر يستطيع الجرى بسرعة تصل إلى ١٠٢ كيلومترا فى الساعة. وهو يطارد الظباء خلال فترة زمنية قصيرة فقط (أو إذا كان الظبى لسبب ما تعثر فى عدوه) ، لأنه إن لم يستطع الفهد الصياد اللحاق بفريسته خلال دقيقة فإنه يتكاسل فى عدوه ، والظبى على الرغم من أنه ليس له سرعة الفهد الصياد إلا أنه ذو قدرة تحمل أكبر ويستطيع مواصلة العدو.

ويستطيع الإنسان أن يتقدم فى الماء ، ولكن بأية حال لن يكون بالسرعة التى يجرى بها على الأرض فالماء أكثر كثافة من الهواء ويتطلب طاقة أكثر ، إذا تساوت جميع الظروف الأخرى ، فيصبح من الأصعب التقدم خلال الماء عن الهواء. ويكتشف المرء فى الحال هذه الصعوبة إذا ما جرى على الشاطئ ثم دخل الماء بأقصى سرعته .

وأقصى سرعة سجلت لإنسان فى الماء كانت حوالى ٨,١ كيلومترا فى الساعة فقط .

والبشر، مع ذلك ، غير مهيئين للحركة فى الماء ، والحيوانات الأخرى من ذوات الدم الحار التى عادت إلى البحر وعاشت هناك معظم أو كل الوقت مهيأة لحياة البحر

بصورة أفضل . فهي تقريباً ذات جسم ممشوق لتقليل مقاومة الماء ، ولها أشباه جنيحات أو مجاديف أو أذناب تعمل كوسائل مساعدة على الحركة .

وعلى الرغم من هذا ، لا تزيد سرعة أسرع الدولفينات وعجول البحر والطائر الأكتع (البنجوين) عن ٤٠ كيلومترا فى الساعة .

والأسماك من الحيوانات البحرية المهيأة إلى حد بعيد والأكثر نجاحا ، وليس من المدهش لذلك السبب أن تكون أسرع الحيوانات البحرية بين هذه المجموعة، وبخاصة بين الأسماك الكبيرة وذوات العضلات .

ونذكر أن الحوت الأزرق الكبير يشق عباب البحر بسرعة ٥٦ كيلومترا فى الساعة والتى تجعله يضاهى سرعة أسرع الجياد ، ومع ذلك فهناك حيوانات أخرى تفوقه سرعة. فمن المفترض أن سمك المرلين (وهو سمك ضخم يعيش فى المحيطات) يسبح بسرعة تصل إلى ٨٠ كيلومترا فى الساعة والتى تجعله فى سرعة أسرع الأيائل. ومع ذلك فسمك السيلفيش (سمك ضخم ذو زعنفة ظهرية كبيرة جدا) يحتفظ بالرقم القياسى فى السرعة ، فقد سجلت لأحد أفراده سرعة ١١٠ كيلومترا فى الساعة جعلته أسرع من الفهد الصياد .

ولكن إن كان الماء أكثر مقاومة على النفاذ من الهواء ، فإن الانتقال خلال الهواء مباشرة دون لمس الأرض يعطى فرصاً أفضل للسرعة عما يعطيه التقدم على الأرض . وإذا كانت الظروف متساوية ، بمعنى آخر،فسيكون الطيران أسرع من الجرى .

هذا جزء من تفسير سرعة الحيوانات ذات الخطوات الكبيرة، كما فى حالة الجياد أو النعام ، أو من خلال القدرة على إحداث قفزات طويلة كما فى حالة الأرانب الأمريكية والكنغر . وهذه الحيوانات هى أشبه ما تكون بالحيوانات الطائرة.

أما بالنسبة للحشرات فمن الصعب جدا التحدث عن مدى السرعة التى تطير بها ومدى إسهام التيارات الهوائية فى سرعتها. فيبدو من المشكوك فيه تماما تحت الظروف العادية أن تستطيع أية حشرة الطيران بسرعة أكبر من ٥٥ كيلومترا فى الساعة، وإن استطاعت فستكون لفترة وجيزة أو على ارتفاعات يكون فيها الهواء خفيفا ولا يبدى مقاومة كبيرة (٢) .

واليعسوب Dragonfly من بين أكثر الحشرات سرعة ، ويظهر أن يعسوباً منقرضاً عاش منذ حوالى ٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة مضت كان لديه أجنحة منتشرة عديدة بالنسبة (لحشرة) تبلغ ٠,٧ مترا . وربما كان من الممكن أن يستطيع الطيران بسرعة تصل إلى ٧٠ كيلومترا فى الساعة .

والخفافيش Bats هى الحيوانات الثديية الوحيدة التى طورت القدرة على المناورة فضلا عن السرعة. وأعلى سرعة مسجلة لأى خفاش هى ١٥ كيلومترا فى الساعة، والتى تعنى أن أسرع خفاش ليس بأسرع من أسرع حشرة .

وسرعات الطيران التى أكبر من سرعة حصان سباق سريع هى سرعة الطيور ، التى تعتبر أسرع المخلوقات الطائرة التى ظهرت على وجه الأرض.

فقد سجلت سرعة للبجعة swan ، على سبيل المثال بلغت ٩٠ كيلومترا فى الساعة تقريبا، وتصل سرعة الإوزة الكندية Canada goose ١٠٠ كيلومتر فى الساعة ، وبمعنى آخر فإن الإوزة الكندية تقترب فى سرعتها من سرعة الفهد الصياد ، وبغير شك يمكنها أن تواصل سرعتها لمسافة أطول.

ومع ذلك فهناك طيور تفوق إلى حد بعيد الإوزة الكندية؛ فقد ذكر أن طائر السمامة ذو الذيل المستدق spinetailed swift يطير بسرعة تصل إلى ١٧٠ كيلومترا فى الساعة ، أو أفضل من ٢,٨ كيلومترا فى الدقيقة! وعلى فرض أن هذا كذلك ، يعتبر هذا الطائر أسرع الكائنات الحية التى تعتمد فى سرعتها على عضلاتها فقط.

الأشياء غير الحية

ناقشنا حتى الآن سرعة الكائنات الحية التى لا تستعين بشىء آخر، ومع ذلك لا يعتمد الإنسان على عضلاته وحدها .

وعندما يكون السفر فوق سطح الماء هو المقصود ، على سبيل المثال ، فقد استغل الإنسان السفن من نوع أو آخر منذ الأيام الأولى للحضارة. وأبحرت السفن باتجاه مصب النهر واستغلت فى أفضل الأحوال الطاقة غير الحية. وفى النهاية، تعلم الإنسان

أن يدفع السفن ويستعمل التجديف لكي يشق طريقه ضد التيار ، وكان الإنسان لا يزال يستغل عضلاته من أجل السير.

لم يكن التجديف هو أسرع طريقة للوصول إلى مكان ما، فحتى بالقوارب الخفيفة جداً التي يجدف فيها فريق من المجدفين في سباق سرعة ، لم تكن أعلى سرعة سجلت أكثر من ٢١،٦ كيلومترا في الساعة.

ومن خلال تزويد السفينة بشراع أمكن استغلال الرياح للدفع - مرة أخرى بصورة سلبية (أى أن الرياح تعمل على دفع الشراع) . وبمرور القرون تزايد عدد الصوارى في السفينة ، وأصبحت من نوعية أكثر كفاءة ، وكانت طريقة استخدامها أكثر مهارة . وطُوِّرت صور أخرى من تصميمات السفن أيضا، ففى سنة ١٨٩٠ حققت سفينة تستخدم الشراع متوسط سرعة بلغت ٤٠ كيلومترا في الساعة أثناء إبحارها لمدة نصف يوم .

وفي النهاية ، فإن الطاقة الكامنة التى أوجدها البشر وأدخلوا عليها تحسينات وأصبحت طوع بنانهم ، دخلت في مجال النقل والسرعة. ولم يكن هذا ليحدث قبل أن أدخل المهندس الأسكتلندى جيمس واط James Watt (١٧٣٦ - ١٨١٩) الآلات البخارية النشطة في سنة ١٧٧٤ ، ذلك الحدث الذى كان بداية ما يسمى بالثورة الصناعية the Industrial revolution .

لم ينقض وقت طويل حتى تم تزويد السفن بالآلة البخارية ، وكانت مهمتها تشغيل بدّال يدفع السفينة. وفي سنة ١٧٩٠ ، دشن المخترع الأمريكى جون فيتش John Fitch (١٧٤٣ - ١٧٩٨) أول سفينة بخارية، لكنه لم يستطع استغلالها تجارياً . بيد أنه في سنة ١٨٠١، دشن روبرت فلتون Robert Futon الذى ذكرناه من قبل عند الحديث عن الغواصات) ، الكليرمونت Clermont ، التى تعتبر أول سفينة بخارية تعمل بنجاح .

كانت السفن البخارية بطيئة الحركة في أول عهدها ، فخلال العقد الأول من استخدامها لم تزد سرعتها عن ١٢ كيلومترا في الساعة أو نحو ذلك. وكانت ميزتها الأساسية هى قدرتها على الحركة عندما تكون الرياح هادئة أو حتى ضدها .

وقد صمدت السفن الشراعية خلال العقود الستة الأولى من القرن التاسع عشر، وبوصول السفن المدرعة بالحديد ذات الآلات الأكثر كفاءة على نحو منتظم وذات الدفاعات اللولبية بدلا من دواليب الدفع أصبح البخار موضع الصدارة بدءاً من سبعينيات القرن التاسع عشر فصاعداً. وفى القرن العشرين ، كانت السفن الشراعية تستخدم بشكل متزايد من أجل المتعة.

وفى النهاية ، فاقت السفن البخارية السفن الشراعية فى السرعة. فقد عبرت سفينة الولايات المتحدة فى سنة ١٩٥٢ الأطلنطى من نيويورك إلى لى هافر فى أقل من ثلاثة أيام ونصف وبمعدل سرعة ٦٦ كيلومترا فى الساعة. وفى وقت متأخر من تلك السنة استطاعت أن تحقق متوسط سرعة ٧٧ كيلومترا فى الساعة على مدى مسيرة يوم واحد .

ولا تزال السفن الحربية تحقق سرعات أكبر ، فيمكن لأسرع الغواصات الإبحار بسرعة ٨٣ كيلومترا فى الساعة، ووصلت سرعة أسرع المدمرات إلى ١١٣ كيلو مترا فى الساعة ، ووصلت سرعة سفن التجارب المصممة تصميما خاصا ١٣٠ كيلومترا فى الساعة. ومن غير المثير للدهشة ، إذن ، أن يصبح الإنسان (المستعين بالتكنولوجيا) فى الوقت الحالى من أسرع الكائنات الحية فى البحر.

وعلى البر ، فإن استخدام الطاقة الكامنة فى النقل تخلفت كثيرا عن موقفها فى البحر. فحتى القرن التاسع عشر كان البشر مقتصرين فى حركتهم على العضلات ، إما عضلاتهم أو عضلات الجياد لقطع المسافات . (وقد لعب استخدام الحيوانات الأخرى كالحمير والجمال دوراً صغيراً) .

وفى سنة ١٨٠١ ، كان المخترع الإنجليزى ريتشارد تريفيثيك Richard Trevithick (١٧٧١ - ١٨٣٣) أول من يضع آلة بخارية فى سيارة واستطاع أن يجعل قوة الآلة تدير العجلات. ومن الطبيعى، أن السيارة لم تكن تعمل بنجاح فوق الأرض غير الممهدة ، حيث كانت تستهلك طاقة كبيرة للتغلب على الاحتكاك والمطبات . وأوضح ترفيثيك أنه أفضل من الناحية العملية جعل العجلات تسير فوق قضبان معدنية طويلة . وهو بذلك لم يخترع فقط القاطرة بل السكك الحديدية .

ولسوء الحظ ، لم يستطع ترفيثيك مثل فيتش من قبله أن يحقق نجاحاً تجارياً من اختراعه. وقد ترك هذا النجاح للمخترع الإنجليزى جورج ستيفنسون-George Stephenson (١٧٨١ - ١٨٤٨) فى سنة ١٨٢٥ . بعد ذلك اكتسبت السكك الحديدية شعبية بسرعة. وبين سنة ١٨٥٠ وسنة ١٩٥٠ كانت السكك الحديدية هى الوسيلة السائدة للسفر البرى الطويل .

ولم تزد سرعة القطارات الأولى فى عشرينيات القرن التاسع عشر عن ٤٧ كيلو مترا فى الساعة ، وسرعان ما زادت سرعتها عندما أدخلت إليها التحسينات . وفى سنة ١٨٤٠، سجلت القطارات سرعة بلغت ٩١ كيلومترا فى الساعة ، ولأول مرة فى التاريخ استطاع الإنسان باستخدامه للتكنولوجيا أن ينتقل بسرعات على البر أكبر من سرعة حصان السباق ، واستطاع الحصول على وقود كاف يجعلها تحتفظ بسرعتها بصورة غير محددة. (ويقينا، لم ينتقل المسافرون بالسكك الحديدية العادية بالسرعة التى وضعتها أجهزة مصممة تصميما خاصا تنتقل تحت ظروف مثلى على نحو خاص - إلا أنه من جهة ثانية ، لم يتحرك راكبو الجياد بسرعة الجوكى الذين يمتطون ظهور جياد السباق التى تجرى فى ظروف فضلى) .

فى سنة ١٨٤٣ ، أقل من عشرين سنة بعد أول اختراع قطار عملى لستيفنسون فى أيرلندا حقق قطار سرعة بلغت ١٣٧ كيلومترا فى الساعة واستطاع الإنسان فى ذلك الحين أن يستبق الفهد الصياد .

فى سنة ١٩٠٣ ، كانت تسير القطارات الكهربية فى ألمانيا بسرعة ٢١٠ كيلومترات فى الساعة واستطاع الإنسان أن ينتقل أسرع من أى مخلوق حى آخر حتى طائر السمامة الأسرع. وفى الوقت الحاضر، تستطيع القطارات المزودة بمحرك صاروخى أن تحقق سرعة تصل نحو ٣٨٠ كيلو مترا فى الساعة.

فى سنة ١٨٦٠ ، صمم المخترع الفرنسى البلجيكى جين جى.إيه.لينور Jean Lenoir (١٨٢٢ - ١٩٠٠) أول آلة احتراق داخلى ، والتى أثبتت فى النهاية أنها أكثر خفة وأكثر كفاءة من الآلة البخارية. كانت آلة الاحتراق الداخلى معدة من الناحية العملية للسيارات الصغيرة ، وفى سنة ١٨٦٠ ، ألحق لينور واحدة منها بعربة وأنتج أول عربة تسير بلا حصان ذلك الاختراع الذى أطلق عليه فيما بعد السيارة .

ولم تصبح السيارات مفيدة عمليا حتى ثمانينيات القرن التاسع عشر، وقد صنع إحدى السيارات الأولى المخترع الألماني جوتليب و. ديلمر Gottlieb Daimler (١٨٢٢ – ١٩٠٠) في سنة ١٨٨٧ .

ومع تقدم سنوات القرن العشرين، أصبحت السيارات الشكل السائد للنقل البرى للمجموعات العائلية، فى حين أصبحت الأنماط الكبيرة كالأتوبيسات والشاحنات مهمة على نحو متزايد لنقل مجموعات بشرية كبيرة ونقل البضائع بكافة أنواعها.

وأقصى سرعة على الطرق الأمريكية فى الوقت الحالى هى ٨٨,٥ كيلومترا فى الساعة (٥٥ ميلا فى الساعة) ، وعلى الرغم من أن تلك السرعة هى سرعة الغزال ، فإن قائدى السيارات يجدون صعوبة فى الالتزام بالسير بهذه السرعة . (وذات مرة ، حينما كنت أسافر من بوسطن متجها إلى نيويورك فى سنة ١٩٧٣، مضطرا لظروف عائلية طارئة، استطعت أن أحقق سرعة ١١٠ كيلومترات فى الساعة، ووصلت الذروة بسرعة ١٣٠ كيلومترا فى الساعة. ولم أستبق فقط سرعة الفهد الصياد لكننى استطعت الاحتفاظ بالسرعة على مدى ثلاث ساعات) .

واستطاع المتسابقون بسيارات السباق أن يحققوا سرعات ٣٢٠ كيلومترا فى الساعة على مدى مسافة السباق . وفى سنة ١٩٧٠، حققت سيارة مزودة بقدرة صاروخية سرعة ١٠٤٦ كيلومترا فى الساعة وهى تكافئ سرعة ٧١,٤ كيلومترا فى الدقيقة. وتقترب تلك السرعة من سرعة الصوت الذى ينتقل خلال الهواء فى ظل ظروف قياسية بسرعة ٢٩١١ كيلومترا فى الساعة أو ٩١,٩ كيلومترا فى الدقيقة.

ومن الطبيعى أن تفوق سرعة الطائرات أى شىء موجود على الأرض ، مثلما تستطيع الطيور أن تفوق أية حيوانات برية. وقد تجاوز الإنسان (أو أى شىء حى آخر فى هذا الصدد) سرعة الصوت لأول مرة فى ١٤ أكتوبر سنة ١٩٤٧، حينما استطاع شارلس أى ييجر Charles Yeager أن يحقق هذه السرعة بقيادته لطائرة .

ومنذ ذلك الحين، انتشر الطيران الأعلى من سرعة الصوت ، وحققت الطائرات المزودة بمحركات صاروخية سرعات تزيد عن ٧٣٠٠ كيلومتر فى الساعة وهى تكافئ ٢ كيلو مترا فى الدقيقة ، وتعتبر قدر سرعة الصوت بست مرات .

تستطيع الصواريخ بدورها أن تفوق الطائرات. وتغادر السوابر الموجهة للكواكب الخارجية الأرض بسرعة تصل ١٤,٥ كيلومترا فى الثانية. وقد دار السابر الفضائى هليوس – ب حول الشمس فى سنة ١٩٧٦ على مسافة ٤٣,٥٠٠,٠٠٠ كيلومتر من الشمس. وقد حقق سرعة ٦٨.٤ كيلومترا فى الثانية. وتعتبر هذه السوابر من أسرع الأشياء التى صنعها الإنسان حتى الآن.

بواسطة الصاروخ نقترب من سرعات الأجرام الفلكية والتفوق على بعضها.

والأرض،على سبيل المثال، تدور حول محورها كل يوم وكل نقطة على سطحها نتيجة لذلك تلف دائرة حول محورها ، والنقاط التى تلف دوائر أكبر تتحرك بسرعات أكبر بالنسبة للمحور. وأكبر الدوائر هى دائرة خط الاستواء، وتتحرك بالنسبة لمحور الأرض بسرعة ١٦٧٠ كيلومترا فى الساعة، أو ٠,٤٦ كيلومترا فى الثانية. وتعتبر هذه السرعة أقل بـ ١/٣٠ من سرعة أسرع الصواريخ.

بيد أن الأرض لا تحقق أعلى سرعة دورانية فى المجموعة الشمسية. فالشمس التى محيطها ١٠٩ مرة طول محيط الأرض، تدور دورة كل ٢٥,١ يوم. وتتحرك نقطة على خط استواء الشمس بالنسبة إلى محورها بسرعة ٧٢٦٠ كيلومترا فى الساعة ، أو ٢ كيلومترا فى الثانية .

ولا يعتبر الرقم السابق رقما قياسيا أيضًا ، فكوكب المشترى ذو المحيط الذى يبلغ ١١,١٦ مرة محيط الأرض، يدور بسرعة لا تزيد عن ٢/٥ مرة من السرعة التى تدور بها الأرض حول نفسها . وتتحرك نقطة على خط استواء المشترى (أو على الأقل على طبقة السحب التى تشكل سطحه المرئى) بسرعة ٤٥٠٠٠ كيلومتر فى الساعة بالنسبة لمركز المشترى ، أو ١٢,٦ كيلومترا فى الثانية، وحتى هذه السرعة تعتبر أبطأ من أسرع الصواريخ .

بالإضافة إلى دوران الكواكب حول نفسها فإنها تحلق فى الفضاء فى رحلتها حول الشمس. هذه السرعات الدورانية تتزايد كلما اقترب الكوكب من الشمس، ونتيجة لذلك، يكون مجال جاذبية الشمس أكثر شدة فى موقع الكوكب .

والمشترى ، على سبيل المثال، يدور حول الشمس بسرعة متوسطة (بالنسبة للشمس) تصل إلى ١٣.١ كيلومترا فى الثانية، وهى سرعة تقل عن سرعة أسرع صواريخنا .

والمريخ ، الذى يعتبر أقرب بعض الشىء إلى الشمس من المشترى يدور بسرعة متوسطة تصل إلى ٢٤.١ كيلومترا فى الثانية ، وهذه السرعة تفوق سرعة الصواريخ .

متوسط سرعة دوران الأرض حول الشمس هى ٢٩.٨ كيلومترا فى الثانية ، فى حين أن عطارد الذى يعتبر أقرب الكواكب إلى الشمس ، ومن ثم أسرعها ، يدور بمتوسط سرعة ٤٧.٩ كيلومترا فى الثانية. وعطارد له مدار متمركز؛ فهو أقرب إلى الشمس فى أحد نهايات مداره عن النهاية الأخرى. وعند أقرب بُعد له من الشمس فإن عطارد (فى أقرب نقطة من فلك سيار إلى الشمس) يدور بسرعة ٥٦ كيلومترا فى الثانية .

وهناك بعض المذنبات تصل لمسافة قريبة من الشمس عن عطارد، ويجب أن تتحرك المذنبات التى تقترب من الشمس بسرعة تصل إلى حوالى ٦٠٠ كيلومتر فى الثانية عندما تنزلق بسرعة بالقرب من سطح الشمس.

وكما تدور الكواكب حول الشمس، فإن الشمس تدور حول مركز المجرة، وبدورانها هذا بالنسبة إلى مركز المجرة فإن سرعتها تصل نحو ٣٠٠ كيلومتر فى الثانية. ومن الطبيعى أن النجوم الأقرب إلى مركز المجرة تدور بسرعات أكبر. (لأنه إذا اقترب نجم جدا من المركز، فإن الكثير والكثير من النجوم سوف تقع على مسافة أبعد من المركز عن ذلك النجم ، كما أن قوة جاذبية تلك النجوم التى لا تزال بينه (هذا النجم المقترب) وبين المركز سوف تنقص ، ولذا فإن سرعات دورانها سوف تنقص أيضا) .

الكون ، بطبيعة الحال، يتمدد وتبتعد المجرات عن بعضها البعض بسرعات تتناسب مع ابتعادها. وخلال عشرينيات القرن العشرين وما بعدها، عندما كانت تدرس مجرات أكثر عتمة بطريقة الطيف كانت تتحدد سرعات ارتداد فى حدود آلاف الكيلومترات فى الثانية، ثم عشرات الآلاف ثم مئات الآلاف. وفى أوائل ستينيات القرن العشرين دُرِسَت المجرات البعيدة التى كانت تبتعد عنا بسرعة ٢٤٠٠٠٠ كيلومتر فى الثانية .

الآن ، نقترب أخيرا من سرعة الضوء .

يتحرك أسرع الأشياء الحية بأقل من ١/٦٤٠٠٠٠٠من سرعة الضوء(أقل من ١٦٨.٧٥ كم / س) ، وأسرع وسيلة صنعها البشر تتحرك بأقل من ١/٢٠٠٠٠ من سرعة الضوء (أقل من ٥٤٠٠٠ كم / س) . ولا تزيد سرعة مذنب يتجه نحو الشمس عن ١/٥٠٠ من سرعة الضوء (٢١٦٠٠٠٠ كم / س) .

والمجرة التى ترتد عنا بسرعة ٢٨٥٠٠٠ كيلومتر فى الثانية، بسرعة تصل نحو ٨٠ ٪ من سرعة الضوء .

فى سنة ١٩٦٣، اكتشفت أشباه النجوم quasars واتضح أنه حتى أقرب هذه الأجرام يبعد مسافة أكثر من ١٠٠٠،٠٠٠،٠٠٠ سنة ضوئية ، أبعد من أبعد مجرة عادية تم اكتشافها . ومن الطبيعى، أن أشباه النجوم كانت ترتد عنا بسرعة أكبر من سرعة ارتداد المجرات العادية . ويبدو أن أبعد المجرات التى اكتشفت حتى الآن ترتد عنا بسرعة ٢٨٥.٠٠٠ كيلومتر فى الثانية ، أو ٩٥ ٪ من سرعة الضوء .

والأجرام الوحيدة الأسرع هى بعض الجسيمات دون الذرية السريعة من أشعة كونية فائقة النشاط ، تنتقل بسرعة تصل نحو ٩٩.٩ ٪ من سرعة الضوء ، لكنها لا تصل إلى سرعة الضوء ذاتها .

وتعتبر سرعة الضوء فى الخواء ، إذن هى أعلى سرعة مطلقة فى الكون ، وهى ٣٩٩٧٩٣.٥ كيلومترا فى الثانية [٣] .

الهوامــش

(١) السرعة (speed) : هى المعدل الزمنى لحركة الجسم، وتساوى خارج قسمة المسافة المقطوعة على الزمن، ووحدتها فى النظام الدولى للوحدات هى متر ثانية -١ ، وهناك نوع آخر من السرعة (velocity) وهى المسافة التى يقطعها جسم فى وحدة الزمن فى اتجاه معين، فهى كمية متجهة، ووحدتها فى النظام الدولى للوحدات هى المتر فى الثانية. معجم الفيزياء . أكاديميا ١٩٢٢ .

(٢) كانت هناك تقارير فى الماضى بأن بعض الحشرات يمكنها الطيران بسرعات تصل إلى ١٠٠٠ كيلومتر فى الساعة ، لكنه اتضح أن هذه الادعاءات عارية من الصحة. والتقرير عن الحالات القصوى من أى نوع ، خصوصا بالنسبة للكائنات الحية، فهناك دائمًا ميل للمبالغة للتأثير الدرامى. لقد حاولت أن أكون متحفظا فى هذا الكتاب،لكنه توجد فرصة وقعت فيها ضحية هنا أو هناك . (المؤلف) .

(٣) فى السنوات القليلة الماضية اكتشف العلماء عددا من أشباه النجوم البعيدة التى يبدو أن أجزاء منها تنفصل بسرعات أكبر من سرعة الضوء،لكن يبدو أن هناك ثقة كاملة أن هناك تفسيرات وشيكة الحدوث تفسر تلك السرعات الظاهرية دون أن تخرق حدود سرعة الضوء. أما بالنسبة للتايكونات التخمينية الأسرع من الضوء ، فإنها لم تكتشف بعد وربما لا توجد . (المؤلف) .

الجزء الثالث

آفاق المادة

الفصل الثامن عشر

الكتلة : الكبير منها والصغير

عمالقة أحياء

لقد طوّفنا حتى الآن فى هذا الكتاب عبر المكان والزمان ، حيث انتقلنا إلى الحدود التى يمكن أن نلاحظها أو أن نتخيلها. إلا أنه فى وجهة نظر عامة فالمكان والزمان ما هما إلا مجرد الإطار بداخله أشياء مصنوعة من المادة ؛ ولذا ينبغى أن نستكشف آفاق المادة أيضا .

والتعامل مع المادة أكثر تعقيداً إلى حد ما، من التعامل مع المكان والزمان، فالمكان له خاصية جامعة مهمة واحدة ألا وهى الامتداد extension، والزمان له خاصية جامعة مهمة واحدة ألا وهى مدة الدوام .duration وعند البحث عن الحدود القصوى لأى من المكان والزمان ، فإننا نستخدم وسيلة قياس واحدة: عصا القياس بالنسبة للمكان والساعة للزمان (مع أن التكنولوجيا الحديثة تستخدم صورا دقيقة للغاية لكل منهما) .

وفى حالة المادة، هناك خصائص عديدة مختلفة يستحق كل منها الاهتمام ، وأهم هذه الخصائص، "الكتلة".mass

والكتلة فكرة تصورها إسحق نيوتن [١] Isaac Newton ، فقد أشار فى ثمانينيات القرن السابع عشر إلى أن الأجسام المختلفة تتطلب قوى بمقادير مختلفة للتعجيل فى زمن معلوم إلى نفس السرعة النهائية. والقوة المطلوبة لإحداث هذا التعجيل تتناسب مع كتلة الجسم. ومن الأسهل تعجيل كرة بيسبول لسرعة معينة فى زمن معلوم عن تعجيل

كرة من الحديد لها نفس الحجم (جرب بنفسك لترى) ، ولهذا السبب فإن كرة الحديد أكثر تكتلا (أثقل) من كرة البيسبول .
وكل جزء من المادة أيضا مصدر لمجال جاذبية، و تختلف هذه المجالات فى شدتها : فالبعض منها يجذب الأجسام بقوة أكبر لمسافة معينة عن البعض الآخر . وتختلف شدة مجال الجاذبية تبعا لكتلة الجسم التى تعتبر مصدر المجال .

وأشار آينشتين Einstein [٢] فى نظريته عن النسبية إلى أن الكتلة تزداد مع السرعة (المتجهة) velocity وتصل إلى قيمة لا نهائية عند سرعة الضوء. وهذا هو أحد الأسباب فى عدم استطاعة الأجسام الضخمة الاقتراب تمامًا من سرعة الضوء، ناهيك إن استطاعت أن تفوقها .

ومع ذلك، فسوف نقصر دراستنا فى هذا الفصل على "كتلة السكون" rest-mass فقط ، وهى كتلة جسم فى موضع سكون بالنسبة للراصد (الشخص) الذى يقيس الكتلة .

وعندما نأخذ كتلة السكون فى الاعتبار ، يمكننا القول بأن كتلة جسم تكافئ مقدار المادة التى يحتوى عليها ، أى أن أى جسمين متماثلين فى موضع سكون بالنسبة لأحدهما الآخر يكون لهما ضعف الكتلة الكلية التى لكل منهما بمفرده .

ونقيس الكتلة عادة بوضع جسم فى مقابل جسم آخر فى الكفة المقابلة من ميزان . ويتناسب جذب الأرض للجسمين مع كتلة كل منهما. وعندما يكون الجذب متساويًا على كل منهما بحيث تتعادل الكفتين نعرف أن كتلة الجسم المجهولة حتى الآن فى إحدى الكفتين تساوى الكتلة المعلومة لمجموع الأوزان القياسية الموضوعة فى الكفة الأخرى .

يتحدث الناس عادة عن "وزن" weight جسم بدلا من التحدث عن " كتلته " ، ويقولون إن جسما أثقل أو أخف بدلا من أن يقولوا أكثر تكتلاً أو أقل تكتلاً . وباختصار فهذا الوصف غير صحيح، لأن الأوزان يمكن أن تساوى الكتل عند مستوى سطح البحر على سطح الأرض، بينما تتناقص الأوزان كلما تزايد بعدها عن مركز الأرض، بينما تظل الكتلة دون تغير. ولهذا السبب سنتحدث فى هذا الفصل عن الكتلة فقط وليس عن الوزن .

وبالنسبة للعلماء ، يُعتبَر الكيلوجرام هو وحدة الكتلة المفيدة ، التى استخدمتُها بين الحين والآخر فى هذا الكتاب . ونكرر أن الكيلوجرام يساوى ٢,٢ رطلا بالوحدات العادية ، أو ٣٥.٢ أونسا ounces. ويساوى الألف كيلوجرام طنًا واحدًا tonne (وحدة قياس الكتلة) ، والذى يساوى ٢٢٠٥ أرطال ، ونتيجة لذلك، يساوى ١٠١ طن ton [٣] (وهى وحدة الوزن التى تساوى ٢٢٤٠ رطلا) . وفى هذا الفصل سوف استخدم الكيلوجرامات والأطنان فقط (وحدة قياس الكتلة) .

وعلى ذلك ، فالكتلة المتوسطة لذكر بالغ فى الولايات المتحدة هى ٧٣ كيلوجراما، وكتلة أنثى بالغة حوالى ٦٠ كيلوجراما.

يفكر الناس فى أجسام أكبر أو أصغر منهم ، ومن الطبيعى أن تكون الكتلة الكبيرة أكثر تأثيرا، فالحيوانات الكبيرة أكثر قوة وأكثر خطرا من الحيوانات الصغيرة على العموم [٤] . وبالفعل فخلال التاريخ البشرى عاش البشر فى حالة رعب من الضوارى الكبيرة large predators لهذا السبب.

وعلى الرغم من عدم وجود داعٍ لهذا الرعب فى معظم أجزاء العالم المتمدين، وعلى الرغم من أننا لا نقابل الضوارى إلا فى حدائق الحيوان والسيرك، فلا يزال خيالنا يقرن الضخامة بالرعب. فالأفلام السينمائية التى تصور الحيوانات الكبيرة كأشياء خطيرة هى دون استثناء أفلام مألوفة. ومن الطبيعى، لتحقيق الإيحاء بالرعب أن تكون الأشياء المتوحشة مبالغا فى ضخامتها . ويكفينا أن نتذكر الفيلم الكلاسيكى كينج كونج King Kong ، فقد كانت الغوريللا ضخمة ومبالغًا فى شكلها ، وأى تكبير غير عادى سيؤدى الغرض ، سواء كان الحيوان جراد البحر أم عناكب أم ديناصورات.

وتتحدث الأساطير أيضا عن البشر العمالقة، الذين تذخر بهم العديد من الحكايات الشعبية وحتى الكتاب المقدس. ومع ذلك فهذه الكائنات العملاقة لا وجود لها بالمرة .

ومما لا شك فيه ، كان هناك بشر أطول أو أكثر ضخامة إلى حد بعيد عن المتوسط، غير أن الإفراط كان منشؤه عادة عدم اتزان هرمونى، وكان من نتيجة الإفراط قصر العمر. وفى حين أن القامة المتوسطة للذكر الأمريكى هى ١.٧٢ مترًا ،

فقد توفى شاب فى الثانية والعشرين عام ١٩٤٠ كان يصل طول قامته عند الوفاة ٢,٧٢ متراً. وتوفى شخص آخر فى الثانية والثلاثين بلغت كتلته حوالى ٤٨٠ كيلوجراما خلال فترة حياته، وهو ما يزيد عن ست مرات ونصف الكتلة المتوسطة. وصحيح أن الزيادة فى الكتلة تتمثل إلى حد بعيد فى الدهون.

وإذا تحدثنا عن البشر من حيث المستوى الطبيعى للقامة والكتلة، يمكننا حينئذ القول بأن الإنسان الحديث هو نفسه عملاق نوعه، فقد كان أشباه الإنسان جميعا الذين كانوا أجداد الإنسان قصار القامة.

هناك نوع واحد فقط من الرئيسيات الحية وهو الغوريللا يعتبر أكثر ضخامة بشكل ملفت من الإنسان وحتى الغوريللا ليست أطول من الإنسان (على الرغم من كنج كونج المبالغ فيها). ومع ذلك فإن ذكر الغوريللا فى البلاد الواطئة تتراوح كتلته ما بين ١٦٥ إلى ١٨٠ كيلوجراماً، وتصل نحو مرتين ونصف كتلة الإنسان الذكر.

عاش أكبر نوع من الرئيسيات كان ينتمى إلى Gigantopithecus (القرد العملاق giant ape) الذى انقرض حاليًا منذ ما يقل عن ٢,٠٠٠,٠٠٠ سنة. كانت هذه الأنواع مخلوقات شبيهة بالغوريللا، يصل طولها ٢,٧٥ مترا، عندما كانت تقف منتصبة القامة، وربما كانت تصل كتلتها ٢٧٥ كيلوجراماً. وتعتبر أضخم مرة ونصف المرة من الغوريللا الحديثة، وحوالى أربعة أمثال كتلة الإنسان (ولا تزال لا تماثل الكنج كونج).

عرف الإنسان دائما حيوانات أكبر وأكثر ضخامة حتى من أكبر الرئيسيات: الخيول والثيران والإبل. ويشير الكتاب المقدس إلى البهيموث behemoth (٥)، الذى يعتقد البعض أنه كان يشبه فرس النهر، ويعتبر أكبر من أى نوع من هذه الرئيسيات. ومع ذلك، فالفيل الأفريقى African elephant أكبر الحيوانات البرية الحية، ومتوسط طول الفيل الأفريقى الذكر ٣,٢ مترا عند الأكتاف وتصل كتلته ٥١٠٠ كيلوجرام (٥,١ طنا). وأطول فيل أفريقى جرى قياسه فى أى وقت من الأوقات بلغ طوله ٣,٨ مترا، وتزن كتلته ١١ طنا. تماثل كتلة هذا الفيل كتلة ١٥٠ شخصًا، (وهناك أفيال منقرضة لا تزال أطول من ذلك. فقد ذكر أن هناك أطوالاً بلغت ٤,٨ مترا، مرتان ونصف قامة الإنسان).

وعلى الرغم من أنه لا توجد حيوانات حية برية فى مثل كتلة الفيل الأفريقى، إلا أن هناك حيوانًا يفوق الفيل الأفريقى طولاً (واحد فقط) ، وهو الزرافة . ويبلغ ارتفاع أطول زرافة حوالى ٥.٨ مترا (٣.٣ مرة الارتفاع المتوسط للإنسان الذكر) ، مع أنه لا يحتمل أن تزن ١/٥ من وزن فيل كبير جدا.

فى العصور الماضية ، كان هناك من الحيوانات ما يفوق الأفيال الحديثة ، فأكبر الثدييات التى عاشت فيما مضى هو الحيوان الشبيه بوحيد القرن rhinoceroslike الذى كان يسمى Baluchitherium ، و (بهيمة من بالوشستان) ، وقد انقرض منذ ٢.٠٠٠.٠٠٠ سنة. فقد كان أطول من الزرافة وأكثر ضخامة من الفيل ، ويبلغ ارتفاعه من رأسه حتى أخمص قدميه ٨.٢ مترا ، وكانت قامته ، مرة ونصف قامة الزرافة ، وله كتلة تصل ٢٠ طنا تجعله ضعف كتلة أى فيل.

ولا تزال هناك حيوانات أكثر ضخامة وهى بعض الزواحف العملاقة المنقرضة extinct giant reptiles التى انقرضت منذ ٦٥.٠٠٠.٠٠٠ سنة. وأكثر هذه الزواحف ضخامة هو Brachiosaurus (العظاءة الذراع،بسبب طول قدميها الأماميتين)، وكانت فى الحقيقة أكثر الحيوانات البرية ضخامة من أى نوع وجد فى أى زمن من الأزمنة. وكان يصل ارتفاعها عند كتفيها ٦.٤ مترا، ويرتفع الرأس الذى كانت تحمله على رقبتها الطويلة فى الهواء ١١.٩ مترا ، مما جعلها ضعف طول أطول زرافة . وكان طولها الكلى يبلغ ٣٢ مترا وتصل كتلتها حوالى ٤٠ طنا وجعلتها فى ضعف ضخامة العظاءة الذراع ، وحوالى أربعة أمثال كتلة أضخم الأفيال الحية .

وللحيوانات البحرية ميزة عن الحيوانات الأرضية، فقابلية الطفو فى الماء تقلل من جذب الجاذبية عليها، ولا تحتاج لأن تعرض كتلتها بالكامل ضد هذا الجذب أو ترفعه مع كل خطوة تخطوها. ونتيجة لذلك، يمكن أن تكون الحيوانات البحرية أكبر من أية حيوانات برية.

وأكبر الحيوانات الحية الموجودة حاليًا هى الأنواع المختلفة من الحيتان ، وأكبرها جميعا حيًا أو منقرضًا هو الحوت الأزرق blue whale . ويصل طول إناث الحوت الأزرق أحيانا أكثر من ٣٠ مترا وقد قيس أكبرها بدقة وبلغ طوله ٣٣.٣ مترا ولابد أن كتلته

كانت تزيد عن ١٣٥ طنا. هذا الحوت الأزرق يعتبر تقريبًا مرة ونصف طول العظاءة الذراع، و ٣.٣ أمثال كتلتها ، ولذلك السبب يماثل كتلة ١٩٠٠ رجل .

أما أطول الأشجار فهي الشجر الأحمر redwoods التي تنمو في شمالي كاليفورنيا ، وقد قيست أطول هذه الأشجار بدقة وبلغ طولها ١١٢ مترا. وتعتبر هذه الشجرة ٣.٣ مرة طول الحوت الأزرق، وذلك حتى بغض النظر عن طول مجموعها الجذري تحت الأرض.

وأكثر الكائنات الحية ضخامة هي أشجار السكويه sequoia trees، وتلك الأشجار أقصر من الشجر الأحمر لكنها أكثر منها عرضها. وتنمو السكويه (General Sherman) في الحديقة الوطنية المخصصة لأشجار السكوية، ويصل طولها ٣٨ مترا فقط ، بينما تزن ٢٠٠٠ طن ، أو حوالي ١٥ مثل كتلة أكبر الحيتان، وتزن ٢٨٠٠٠ شخص . (ويقينا ، فإن الجزء الحي من هذه الأشجار صغير ، ومعظمها خشب ميت) .

من الأرض إلى الكون

ومن الطبيعي ، أن توجد أشياء غير حية على الأرض أكثر ضخامة من أي كائن حي . والبعض منها كالأهرامات من صنع الإنسان وتوجد في مصر(الجيزة) ، على سبيل المثال . والبعض منها من صنع الطبيعة مثل جبل إفرست ، على سبيل المثال. وأكثر الأشياء الأرضية ضخامة ، هو بالطبع الأرض نفسها .

وبمجرد أن وضع إسحاق نيوتن نظرية الجاذبية سنة ١٦٨٧ ، أصبحت هناك طريقة لحساب كتلة الأرض ، على الأقل نظريا.

تولّد الأرض جذبًا على أي جسم، فإذا استطاع شخص أن يحدد كتلة الجسم mass وبُعده distance عن مركز الأرض ، والقوة force المتولدة (أو الواقعة) عليه وثابت الجاذبية gravitational constant (أي مقدار الجاذبية الواقع عليه بشكل ثابت) يستطيع حساب كتلة الأرض . ومن هذه القيم الأربع ، يمكن إيجاد ثلاث منها أو يمكن قياسها بسهولة. وتصبح القيمة الرابعة فقط، وهي ثابت

الجاذبية مجهولة . ولو أمكن حساب ثابت الجاذبية بطريقة ما، يمكن استنتاج كتلة الأرض فى الحال .

افترض ، إذن ، أنه أمكن قياس قوة الجاذبية بين جسمين كتلتهما معروفة. ومن هذه القوة، وبواسطة كتلة كلا الجسمين والمسافة بينهما، يمكن استنتاج ثابت الجاذبية فى الحال ، وسنعرف كتلة الأرض. والصعوبة هنا هى أن قوة الجاذبية بين أى جسمين قوة صغيرة جدا.، وعند التعامل معها معمليا، يستلزم الأمر أن تكون أصغر وبالتالى تصبح جاذبيتها أقل كثيراً عن ذى قبل – فتزداد الصعوبة .

وعلى الرغم من هذا، استطاع العالم الإنجليزى هنرى كافنديش[٦] Henery Cav-endish (١٧٣١ – ١٨١٠) فى سنة ١٧٩٨ أن يجرى هذا القياس وأن يؤديه بدقة تامة أيضا. وأتى بقيمة لثابت الجاذبية[٧] ، وبهذه الطريقة استطاع أن يحدد كتلة الأرض .

ولم تُضَف إلا تحسينات طفيفة على الرقم الذى توصل إليه كافنديش منذ ذلك الحين ، فكتلة الأرض المعترف بها حاليًا هى ٥,٩٧٦×١٠٢١ ؛ أى أنها ٥٩٧٦,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ طنًا . وتصل ضخامة الأرض إلى حوالى ثلاثة بليون بليون كتلة شجرة سكويه من الحجم الأكبر .

وعلى الرغم من أن الأرض تعادل ضخامة القمر بواحد وثمانين مرة، وتعادل عشرة أمثال ضخامة كوكب المريخ إلا أنها صغيرة بالمقارنة بالعديد من الأجرام السماوية الأخرى. وحتى فى زمن تحديد كافنديش كان معروفا أن هناك ثلاثة كواكب (المشترى وزحل وأورانوس) أكثر ضخامة من الأرض ، وقد اكتُشِف الكوكب الرابع (نبتون) فى سنة ١٨٤٦ .

ولكل من هذه الكواكب الأربعة أقمار . وإذا أمكن تحديد بعد قمر معين عن كوكبه ، وفترة دورانه حول هذا الكوكب ، وإذا قورن هذا ببعد القمر عن الأرض وفترة دوران القمر حول الأرض ، يمكن إذن حساب كتلة أى كوكب بالنسبة لكتلة الأرض .

وبهذه الطريقة ، وُجِد أن المشترى أكثر الكواكب ضخامة حيث تصل كتلته ٩,٧١٣ مرة كتلة الأرض ولذا تبلغ كتلته ١,٩٠×١٠^٢٤ طنًا. أنه ضعف ضخامة كل الأجرام فى المجموعة الشمسية إذا ما وضعت مجتمعة (فيما عدا الشمس) .

لكننا يجب ألا نستبعد الشمس لأنها أكثر ضخامة حتى من المشترى. ومن بعد(مسافة) الأرض عن الشمس، ومن فترة دوران الأرض حولها يمكننا حساب كتلة الشمس بالنسبة لكتلة المشترى .

وقد اتضح أن الشمس تبلغ ضخامتها ١٠١٩ مرة مثل كتلة المشترى ، ولذلك السبب ، تساوى كتلة الأرض ٣٢٤٠٠٠ مرة . وكتلة الشمس تبلغ ١,٩٠×١٠^٢٧ طنًا وتحتوى على ٩٩,٩٪ من كتلة المجموعة الشمسية: المشترى والأرض وكل الكواكب الأخرى والأقمار التابعة للكواكب وأشباه النجوم والمذنبات وتشكيلة من أنواع شتى تمثل ٠,١٪ .

وماذا عن النجوم؟ هل هناك نجم أكثر ضخامة من الشمس ؟

اكتشف الفلكى الألمانى الإنجليزى ويليام هيرشل William Herschel (١٧٣٨ – ١٨٢٢) فى سنة ١٧٩٣ ، وجود أشياء مثل مجموعات النجوم الثنائية binary stars تتكون من نجمين يدوران أحدهما حول الآخر . وإذا ما عرف بعديهما عنا فإنه يمكن حساب المسافة الفعلية لابتعاد النجمين عن بعضهما ومن هذا ومن فترة دورانهما يمكن تحديد كتلتهما الكلية .

وعلى سبيل المثال ، اكتشف بيسيل فى سنة ١٨٤٤ أن الشعرى اليمانية لها نجم مصاحب كان أضعف من أن يكتشفه (قبل ذلك) . فقد عرف أنه موجود برغم ضعفه لأن الشعرى اليمانية كانت تتحرك فى مدار صغير حول شيء ما . واكتشف فى النهاية صانع الأجهزة الأمريكى ألفان جراهام كلارك Alvan Greham Clark النجم المعتم المصاحب للشعرى اليمانية فى سنة ١٨٦٢ .

ومن مسافة الشعرى اليمانية ومن المسافة ما بين الشعرى اليمانية والنجم المصاحب المعتم ومن الحجم النسبى لمدارى النجمين كان من الممكن حساب كتلة كلا النجمين . وتبلغ كتلة النجم المعتم المصاحب للشعرى اليمانية حوالى ١,٠٥ مرة كتلة الشمس فى حين تبلغ الشعرى اليمانية ذاتها ٢,١٤ مرة كتلة الشمس .

ولهذا لا تعتبر الشمس أكثر الأجرام ضخامة فى الكون. وعلى الرغم من ذلك فالنجوم الأكثر ضخامة من الشمس تعتبر بصفة عامة أقل شيوعًا من النجوم الأقل ضخامة .

وأوضح الفلكى الإنجليزى أرثر ستانلى أدنجتون Arthur Stanley Eddington (١٨٨١ – ١٩٤٤) فى سنة ١٩٢٤ العلاقة بين كتلة نجم وسطوعه. فكلما كان النجم أكثر ضخامة (كتلة) كان أكثر سطوعًا ويرتفع سطوعه لأعلى بسرعة أكبر كثيرًا من كتلته . ولو كان نجم ذا كتلة كبيرة جدًا، فسوف يخرج طاقة بمعدل يجعله يتمزق إربًا .

والشيء الذى له ضخامة نجم تقريبًا يمكن أن يوجد ويبقى متماسكًا (أى دون تفتت) فيما عدا حالات نادرة جدا واستثنائية ، هو حوالى ٧٠ مرة كتلة الشمس. وهناك نجم ضخم بصفة خاصة اكتشفه الفلكى الكندى جون ستانلى بلاسكت John Stanley Plaskett (١٨٦٥ – ١٩٤١) فى سنة ١٩٢٠، تبلغ كتلة هذا النجم ما لا يقل ٥٥ مرة عن كتلة الشمس أو ١٫١×١٠^٢٩ طنًا .

كان ويليام هيرشل أول من أدرك أن النجوم المرئية فى السماوات تشكل نظاما مسطحًا يشبه العدسة، بينما تطلب معرفة الأبعاد الحقيقية لمجرة سكة التبانة هذه ما يزيد على قرن من الزمان . فمن بعد الشمس عن مركز المجرة وفترة دوران الشمس حول هذا المركز، أمكننا تحديد الكتلة الكلية للمجرة. ويُعتقد حاليًا أن كتلة المجرة تساوى كتلة الشمس ١٤٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مرة أو ٢,٨×١٠^٣٨ طنًا . وقد تحتوى المجرة على ٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ نجم معظمها بالطبع أقل ضخامة (كتلة) من الشمس .

وفى سنة ١٩٢٠ والفضل يرجع فى الأساس إلى الفلكى الأمريكى هبر دوست كورتس Heber Doust Curtis (١٨٧٢ – ١٩٤٢) ، كان من المعروف أن مجرتنا لم تكن النظام الوحيد من النجوم فى الوجود. فقد كانت هناك مجرات أخرى منتشرة خارج مجرتنا – بقدر ما كان يستطيع التليسكوب استكشافها . أيضًا ، كانت معظم هذه المجرات أصغر من مجرتنا، فالبعض منها له كتل صغيرة لا تزيد عن بضع مئات الملايين من المرات مثل كتلة شمسنا ، بينما كان بعضها أكبر من ذلك والقليل منها له كتل تصل عشرة تريليون مرة مثل كتلة الشمس .

هناك بعض التقديرات بأنه يوجد فى الكون حوالى ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مجرة مجتمعة ولذلك قد تصل كتلة الكون حوالى ٢×١٠^{٤٩} طن – أى ٢٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ طن .

* ومن المدهش أننا من موقعنا على كوكب صغير تابع لنجم متوسط فى ضواحى مجرة معينة، استطعنا فى أقل من قرنين أن نحدد كتلة الأرض ونحدد كتلة الكون كله . و الأكثر من ذلك قدرة العقل البشرى على التمييز والفهم فى الاتجاه الآخر – للأشياء المتناهية الصغر .

نزولا إلى مستوى الخلايا

أدرك البشر دائما أن هناك كائنات حية أصغر حجمًا منهم مثل: الكلاب والقطط والدجاج وعدد لا يحصى من الحيوانات الضارة.

ومع ذلك ، فالمثال المألوف لكائن حى صغير جداً ، هو الفأر. "وفى مثل صغر الفأر"، هو common cliche .

وفأر المنزل هو بالفعل حيوان صغير بينما يوجد العديد من أنواع الفئران ، وفأر المنزل ليس بأصغرها ، فهناك فأر الحصاد الأوروبى European harvest mouse ، الذى لا يزيد حجمه عن حجم فأر المنزل. ويصل وزن فأر الحصاد عند البلوغ خمسة

جرامات . وعلى ذلك فمتوسط كتلة الشاب الذكر الأمريكى البالغ يبلغ حوالى ١٤,٦٠٠ مرة مثل كتلة فأر الحصاد .

ومع ذلك ليس فأر الحصاد أصغر الثدييات. ونقصد بذلك أن هناك الزبابة القزمة Pygmy shrew ، التى تزن جرامين . وتماثل النسبة بين الذبابة القزمة والإنسان نسبة الإنسان إلى شجرة سكوية .

وأصغر الطيور هو النحل الطنان hummingbird الذى يبلغ وزنه أيضًا عند البلوغ جرامين .

ومن غير الممكن لمخلوق من ذوات الدم الحار مثل حيوان ثديى أو طائر أن تكون له كتلة أقل من جرامين.

وكلما تناقص حجم الشىء – أى شىء – كان هذا التناقص فى الحجم أسرع من التناقص فى مساحة السطح . وهذا يعنى أن حيوانًا صغيرًا سطحه أكبر من حجمه (مفهوم المساحة التى يشغلها أكبر من حجمه) ، وتكون زيادة السطح واضحة فيه أكبر من وضوحها فى حيوان آخر ضخم مماثل له شكلاً . ويتناسب إنتاج حرارة جسم حيوان مع حجمه ؛ ويتناسب فقده للحرارة مع سطحه. وكلما تناقص حجم حيوان، فإنه يفقد لذلك السبب حرارة بمعدل أسرع فأسرع من مقدار الحرارة التى يولدها .

وعندما يكون حيوان فى مثل ضآلة الزبابة القزم أو الطائر الطنان ، يمكنه أن ينتج بالكاد حرارة بنفس المعدل التى يفقدها ، بشرط أن يتغذى بالفعل طوال الوقت . ولذلك السبب فإن الذبابات القزمة والطيور الطنانة تأكل تقريبًا بصورة مستمرة طوال ساعات يقظتها ، ومع ذلك تشعر دائما بالجوع .

ومع ذلك ، فالحيوانات من ذوات الدم البارد ليست محدودة بفقد الحرارة (المقصود : أن فقد الحرارة ليس مقتصراً عليها) ، ويمكن أن تكون هذه الحيوانات أصغر من الحيوانات ذات الدم الحار . وعلى ذلك ، فى حين يصل طول فأر الحصاد ٧٠ مليمترا بما فيه نيله ، يصل طول أصغر السحالى ٤٠ مليمترا فقط بما فيها نيلها ، وهناك الضفدع الذى لا يزيد طوله عن ١٠ مليمترات .

وأصـغـر فقـاريات من أى نوع هو سـمـك صـغـير يـسـمى القـوبيـون القزم Pygmy goby. إذ يبلغ طوله ٨ مليمـترات ، فقط وله كتلة حوالى ٤ أو ٥ مليجرامـات . والذبابة القزمة لها كتلة تساوى كتلة القوبيون القزم ٤٥٠ مرة .

و الحشرات أصغر إلى حد بعيد من الفقاريات.

وهناك ، من غير شك بعض التداخل. فـأكبر الحشـرات الـ Goliath beetle يمكن أن تنمو حتى يصبح طولها حوالى ٥١ سنتيمترا ويمكن أن تصل كتلتها ١٠٠ جرام . فهى أضخم من الذبابة القزمة بنحو خمسين مرة.

ومع ذلك ، فإن هذا هو الأكثر استثناء. فالذباب والبعوض هو الأكثر تميزا عندما تؤخذ أحجام الحشرات فى الاعتبار. وتسمى أصغر الحشرات الذبابة الجنيه fairy flies ، ولا يزيد طولها عن ٠,٤ مليمترا . وتعتبر هذه الحشرات من الصغر بحيث يمكن رؤيتها فى أفضل الأحوال مجرد نقطة فى الضوء القوى .

وعندمـا نصل إلى كائنات العضوية الصـغيرة، فيصح أن نتسـاءل إن كان يمكن اعتـبار هـذه الكائنات، كـائنات حيـة حـقيـقـيـة (أى تـأكل وتتنفس وتتكاثر، إلخ) ، لأن الشىء الأصغر والذى لا يزال يعامل على أنه كائن حى قد يبدو أمراً غير وارد .

وقبل العصور الحديثة ، لم يتبادر إلى ذهن أحد أن يسأل إن كان يوجد شىء حى على درجة من الصغر بحيث لا يمكن رؤيته بالعين المجردة. وكانت ترد كثيرا حكايات عدم القدرة على الرؤية ، غير أن الأشياء غير المرئية كانت دائماً بحجم يمكن إدراكه بالحس -حتى ولو كبير- ولم تكن غير مرئية إلا خلال نوبات السحر.

ومنذ العـصـور القـديمة، لابد أنه لوحظ أن الأشـيـاء المصنوعـة من زجـاج تُكَبِّر الأشيـاء الموضـوعة فـوقـها ، مع أن التـشوهات عـادة تطمس مـعالم التكبير. ولم يجر اسـتخدام العدسـات قبل القرن الخامس عشر ، وسـاعد وجودها على دراسة أجسـام صغيرة كالحشرات بطريقة أسهل مما لو درست بالعين المجردة.

كانت المشكلة هى شـحذ عدسات من زجـاج ذى نوعية جيدة بدرجة كافية وبتحدب رقيق ودقيق لتقليل التشوه وبذلك يزيد مستوى التكبير المطلوب .

وكان الميكروسكوبى الهولندى أنطون فان ليفينهوك Anton van Leewenhoek (١٦٣٢ - ١٧٢٣) هو أول من صنع عدسات صغيرة مكبرة على قدر من الفائدة لدرجة يمكن تسميتها "ميكروسكوب." وقد استخدم عدساته ليرى بها كل شيء ، وفى سنة ١٦٧٧ وجد فى مياه قناة رى كائنات صغيرة يدل مظهرها على أنها حية على الرغم من أنها كانت من الصغر بحيث لا ترى إلا إذا تم تكبيرها، لقد اكتشف ليفينهوك الكائنات العضوية الدقيقة microorganisms

وباستخدام "ميكروسكوب مركب"(وهو الميكروسكوب الذى يستخدم فيه أكثر من عدسة) اكتشف الفيزيائى الإنجليزى روبرت هوك Robert Hooke (١٦٣٥ - ١٧٠٣) قبل ذلك فى عام ١٦٦٥، أن الفلين يتكون من ثقوب مستطيلة صغيرة جداً ، وهى من الصغر بحيث لا يمكن رؤيتها إلا بواسطة ميكروسكوب، وأطلق على هذه الثقوب اسم خلايا cells .

ولوحظ بالصدفة فى أحايين أخرى أن الأنسجة تنقسم إلى أقسام صغيرة ، كانت تظهر فى النباتات ، على الأقل ، فى صورة أقسام خشبية متميزة. والقلف لكونه نسيجا ميتا يتكون من أجزاء خشبية ذات مناطق داخلية فارغة ، كانت الأقسام تسمى خلايا على الرغم من أنها ليست فارغة ، وكانت تسمى الأقسام الخشبية بجدران الخلايا cell walls .

افترض عالم النبات ماتياس جاكوب شليدن Matthias Jakob Schleiden (١٨٠٤ - ١٨٨١) سنة ١٨٣٨ ، أن النباتات تتكون من خلايا ، ولما كانت هذه الخلايا وحدات من تركيب نسيج النبات، فقد رأى عالم وظائف الأعضاء الألمانى تيودور شوان Theodor Schwann (١٨١٠ - ١٨٨٢) فى السنة التالية أن هذا الوضع يمكن تطبيقه على الحيوانات، باستثناء أن الخلايا فى الحيوانات تكون معزولة عن بعضها بواسطة أغشية رقيقة بدلاً من الجدران السميكة نسبيا ، ولذا لا يمكن ملاحظتها . وقام العالمان معًا بوضع " نظرية الخلية cell theory " .

كل الكائنات العضوية التى ترى بالعين المجردة بدءا من شجرة السكوية الضخمة وحتى الذبابة الضئيلة الحجم ، تتكون من عدد من الخلايا، ويكون عدد الخلايا فى

الغالب عددا ضخما، فهى كائنات عضوية "متعددة الخلايا." ويتكون جسم الشخص البالغ فى المتوسط من ٥٠،٠٠٠،٠٠٠،٠٠٠،٠٠٠،٠٠٠ خلية (٥٠ تريليون خلية) .

ومن ناحية أخرى ، كانت الكائنات العضوية التى اكتشفها ليفينهوك تتكون من خلية واحدة ، وكانت كائنات عضوية "وحيدة الخلية" unicellular organisms. وبالطبع فالكائنات العضوية وحيدة الخلية أصغر إلى حد بعيد من الكائنات العضوية متعددة الخلايا ، ومع ذلك فهى كائنات حية .

ومع ذلك ، صحيح ،هناك بعض الأشياء وحيدة الخلية كبيرة بدرجة مدهشة . فالبيض ، على سبيل المثال من الأشياء وحيدة الخلية . والخلية هنا هى صفار البيضة ، وما البياض والقشرة إلا " خارج الخلية . " ويعتبر الصفار المادة التى يتغذى عليها الجنين النامى ، والمادة الحية الحقيقية هى مجرد نقطة دقيقة على سطح صفار البيضة .

والبيض الذى تبيضه الطيور خارج أجسامها لينمو بصورة مستقلة هو بيض كبير نوعًا ، لأن مورد الغذاء بداخله هو الغذاء الذى يساعد الجنين النامى على النمو حتى يتمكن من العيش خارج البيضة. ومن أكثر البيض اعتياداً هو بيض الطيور ، وعموما ، كلما كان الطائر أكبر كان بيضه أكبر .

يضع الطائر الطنان الصغير بيضة يصل طولها ١.٢٥ سم ، ويبلغ حجمها حوالى ٠.٤ سم٣ . وبيضة الدجاجة ، وهى البيضة التى نتناولها على الإفطار يصل قطرها ٦.٢٥ سنتيمترا ، وحجمها يصل ٥٠ سنتيمترا مكعبا. وعلى ذلك يصل حجم بيضة الدجاجة ١٢٥ مرة مثل حجم بيضة الطائر الطنان.

والنعامة من أكبر الطيور المعروفة ، ويبلغ ارتفاع ذكر النعام من عند مؤخرته نحو ١.٤ مترا، ويمكن أن تحمل رقبته الطويلة رأسا قد يصل ارتفاعه من سطح الأرض إلى ٢.٧ مترا ، إذ تبلغ مرة ونصف ارتفاع قامة رجل طويل، وقد لوحظ أن هناك كتلا تصل نحو ١٥٦ كيلوجراما، وهى ضعف كتلة إنسان ذكر فى المتوسط . ومن الطبيعى أن تضع النعامة بيضة أكبر من البيضة التى يضعها أى حيوان آخر.

وتبلغ طول بيضة النعامة ٢٠ سنتيمترا وعرضها ٥١ سنتيمترا وتصل كتلتها ٨.٥ كيلوجرامات ، ويبلغ حجمها ١.٢٠٠ سنتيمترا مكعبا، وبذلك يصل حجم بيضة النعامة ٢٤ مرة حجم بيضة الدجاجة .

ومع ذلك فبيضة النعامة ليست أكبر أنوا ع البيض على الإطلاق ، فالأسماك أيضاً تضع بيضاً . ومن أكبر الأسماك الحية، القرش الحوت whale shark ، الذى قد يصل طوله حوالى ١٨ مترا، وتبلغ كتلته ٤٠ طناً ، إذ تجعله ثالث أكبر الحيتان ضخامة.

والقرش الحوت لا يضع بيضة بيضاوية الشكل مثل بيض الطيور، لكنه يضع بيضة صندوقية لها شكل غير منتظم. وقد وجد أن واحدة من هذا البيض بلغ طولها ٣٠ سنتيمترا وعرضها ١٣,٧٥ ، وسمكها ٨,٧٥ سنتيمترا . ويبلغ حجمها ٣,٦٠٠ سنتيمترا مكعبا، أو ثلاثة أمثال حجم بيضة النعامة. (ويجب أن نتذكر أن ضخامة القرش الحوت تبلغ ٢٥٠ مرة مثل ضخامة النعامة) .

وإذا ما أضفنا المخلوقات المنقرضة، فلا تزال الديناصورات تعطى أحجاماً أكبر. وكانت أكبر بيضة لديناصور وجد فى وقت من الأوقات ٣٠ سنتيمترا طولا و ٢٥ سنتيمترا عرضا وبلغ حجمها ٥,٠٠٠ سنتيمترا مكعبا ، أو يزيد قليلا عن أربع مرات حجم بيضة النعامة .

وهناك أيضا طيور منقرضة، وأطول الطيور التى وجدت فى وقت من الأوقات هى طائر الموة النيوزلندى المنقرض giant moa ، الذى يبلغ طوله حوالى ٤ أمتار(ضعف طول أطول إنسان) ، ووصلت كتلته ٢٢٥ كيلوجرام وهى تبلغ تقريبا مرة ونصف حجم النعامة .

والطائر الطويل aepyornis الذى يعرف أيضاً بالفيل الطائر elephant bird ليس طويلا تماما لكنه أكبر حجما. فقد كان طوله ثلاثة أمتار على الأكثر ، غير أن كتلته بلغت ٤٥٠ كيلوجراماً كحد أقصى ، إذ تصل حوالى ثلاثة أمثال كتلة النعامة .

وكان يصل طول بيضة الطائر الطويل حوالى ٣٧,٥ سنتيمترا ، ويبلغ حجمها ٨,٩٠٠ سنتيمترا مكعبا (جالونان وثلث الجالون بالمقاييس المعتادة) . كانت بيضة الطائر الطويل ثمانية أمثال حجم بيضة النعامة ، و ١٨٠ مرة حجم بيضة الدجاجة و ٢٢,٥٠٠ مرة حجم بيضة الطائر الطنان ، ومع ذلك فقد كانت بيضة الطائر الطويل خلية وحيدة ، أكبر خلية وحيدة ظهرت على وجه الأرض .

وبيض الحيوانات الثديية أصغر كثيراً ، فهذا البيض ينمو داخل جسم الأم ، ويتغذى الجنين النامى عن طريق المشيمة placenta ، التى يمكن أن يصل خلالها الغذاء القادم فى مجرى دم الأم إلى مجرى دم الجنين ، بينما تخرج الفضلات من الاتجاه الآخر . والبيضة الخلية للحيوان الثديى أو بذرة النسل ، لا تحتاج ، لذلك السبب إلى مورد الغذاء الضخم الموجود فى بيض الطيور والزواحف والأسماك (التى تضع البيض خارج الجسم) .

وبويضة المرأة ،على سبيل المثال، فى حجم رأس الدبوس، إذ لا يزيد حجمها عن ١/٢٨٠٠٠٠٠ من حجم بيضة الطائر الطنان، وأقل من ١/٦٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ من حجم بيضة الطائر الطويل .

ولا توجد وسيلة لقياس حجم بويضة المرأة بالسنتيمترات المكعبة، فسوف نضطر إلى استخدام كسور عشرية غاية فى الصغر، ولهذه الخلية وللخلايا الأخرى يفضل استخدام الميكرومترات المكعبة (٨) فحجم بويضة المرأة يصل حوالى ١٤٠٠٠٠٠ ميكرومتر مكعب .

وبويضة المرأة ليست تماما بمثل كبر بعض بيض الكائنات العضوية الدقيقة، فالأميبا amoeba،على سبيل المثال، تشترك فى العديد من الخواص مع الحيوانات بصفة عامة، وهى واحدة (الأميبا) من مجموعة من الحيوانات يطلق عليها "الأوليات" Protozoa (الحيوانات الأولى) . تتكون الأميبا من خلية وحيدة، ولما كانت هذه الخلية تعيش بصورة مستقلة، فيجب أن تؤدى كل وظائف الحيوان الأساسية ، فيجب لذلك السبب أن تكون كبيرة بعض الشىء . ويبلغ حجم الأميبا حوالى ٤٢٠٠٠٠٠ ميكرومتر مكعب ، ولذا فإنها تبلغ ثلاثة أمثال حجم بويضة المرأة .

وهناك بعض الأوليات Protozoa أكبر من الأميبا ، أكبر بالفعل لدرجة أنه يمكن رؤيتها بالعين المجردة، ولدرجة أنها أكبر من حيوانات صغيرة عديدة متعددة الخلايا . ويمكن أن يصل طول أكبر حيوان أولى ١،٥ سنتيمترا. وهناك حيوانات أولية منقرضة أطلق عليها كثيرات العدد Nummulities ، وصل طولها ٢،٤ سنتيمترا. هذا الكائن العضوى الضخم وحيد الخلية قد ينافس بكتلته كتلة الزبابة القزمة أو حشرة النحل الطنانة .

ومعظم الخلايا صغيرة إلى حد بعيد، فبويضة الحيوان الثديى يجب أن تحتوى على بعض الغذاء حتى يستمر نمو الجنين خلال المراحل المبكرة جداً قبل أن تتكون مشيمة الجنين . ولذلك السبب ، فبويضة المرأة ، على الرغم من أنها صغيرة إذا ما قورنت ببيوضة الأميبا، إلا أنها (بويضة المرأة) أكبر الخلايا الموجودة فى جسم المرأة .

والحجم الصغير للخلايا المكونة لكائن عضوى متعدد الخلايا، عندما يقارن بحجم العديد من خلايا الكائنات العضوية وحيدة الخلية ، يجب ألا يكون مدهشاً ، حيث تتوزع وظائف الكائن العضوى متعدد الخلايا على أنواع الخلايا العديدة التى يتكون منها . ويتخصص كل نوع من الخلايا فى وظيفة أو أخرى ، وليس بحاجة لأن تكون لها القدرة الكاملة التى يجب أن تكون لكائن عضوى أحادى الخلية. وعلى ذلك ، يمكن أن تكون خلية جسدية body cell أصغر بعض الشىء من خلية الأميبا ، ولا يزال يمكنها أن تؤدى عملها بصورة أفضل .

فخلية الكبد البشرية liver cell ، على سبيل المثال ، والتى تعتبر معملاً كيميائياً نشطاً ، لا يبلغ حجمها أكثر من ١.٧٥٠ ميكرومتراً مكعباً ، ولا يزيد حجمها عن ١.٨٠٠ من حجم بويضة امرأة ، و ٢.٤٠٠/١ من حجم خلية الأميبا .

نزولاً إلى مستوى البكتيريا

لا تمثل الخلية ذاتها أفق الصغر أو حدّه فى الكائنات الحية ، فالخلايا ما هى إلا نقاط متجانسة من مادة حية. فإذا ما فُحِصَت خلية تحت الميكروسكوب، يمكن أن نرى أنها تتكون من أجسام أصغر من تنوع كبير، ولكل منها بغير شك وظيفته التى يقوم بها .

وقد وصف لأول مرة فى سنة ١٨٣١، عالم النبات الأسكتلندى روبرت براون Robert Brown (١٧٧٣ – ١٨٥٨) الأنواع الأكثر أهمية من هذه الأجسام دون الخلوية ، ولما كانت تقع بالقرب من مركز الخلايا التى درسها فقد أطلق عليها النواة nucleus بندقة صغيرة) ؛ فهى تشبه بندقة داخل صدفة خلوية .

وقد ظهر فى النهاية أن نواة الخلية لها أهمية كبيرة فى عملية التناسل، وفى طريقة انقسام الخلايا إلى اثنتين ، بحيث تعطى كل خلية وليدة الصفات والقدرات الكاملة للخلية الأم .

ويوجد بالدم أعداد هائلة من الأجسام الشبيهة بالخلايا cell-like objects التى لا تعتبر خلايا حقيقية لأنها لا تنقسم دوماً، ولذا لا يوجد بها أنوية، وهذه الأجسام يتم تصنيعها فى أماكن عديدة بالجسم وخصوصا فى نخاع العظم bone marrow من خلايا فى الأصل لها أنوية. ويتخصص المنتج النهائى لوظيفة واحدة: الاتحاد بالأكسجين فى الرئتين ثم إطلاق هذا الأكسجين إلى الخلايا الجسدية بصفة عامة. ويطلق على هذه الأجسام " كريات الدم الحمراء" red blood corpuscles .

لا تحتاج كريات الدم الحمراء إلى حجم كبير حتى تؤدى وظيفتها، فحجم كرية الدم الحمراء البشرية يبلغ ٩٠ ميكرومترا مكعباً ، ولا يزيد هذا الحجم عن ١/٢٠ من حجم خلية كبدية.

ويحتوى الدم أيضاً على أجسام أصغر وهى "صفائح الدم" platelets ، التى قد لا يزيد حجمها عن سبعة ميكرومترات . وهى تستخدم فى تجلط الدم . وصفائح الدم مثل كريات الدم الحمراء لا توجد بها أنوية ولا تعتبر خلايا حقيقية ، فهى أصغر الأجسام الشبيهة بالخلايا الموجودة بالجسم .

أما بالنسبة لحجم النواة ، فإنه يختلف تبعًا لنوع الخلية ، غير أن الحجم النموذجى يصل إلى ٣٥ ميكرومترا، وبذلك تعتبر النواة أصغر من كرية دم حمراء ، ولكن أكبر من صفيحة دموية.

والنواة ذاتها ليست كتلة متجانسة من المادة الحية، ففى سنة ٢٨٨١، وصف عالم التشريح الألمانى فالتر فليمنج (١٨٤٣ – ١٩٠٥) Walther Flemming بشكل مفصل الأحداث التى تقع داخل نواة أثناء انقسام الخلية. وقد جعل هذه الأحداث واضحة باستخدام صبغة حمراء تلون بعض الأجسام داخل النواة ولا تلون الأجسام الأخرى.

وقد أطلق على الأجسام التى تقبلت الصبغة "كروموسومات" (chromosomes الأجسام الملونة) ، وبات من الواضح أن للكروموسومات دوراً كبيراً فى انقسام الخلية .

وقـبل الانقـسـام ينشطر كل كـرومـوسـوم إلى قـسـمين، وبعـد ذلك تنفـصل جـمـيع الكروموسومات بحيث تحصل كل خلية وليدة على مجموعة كاملة من الكروموسومات .

وتوجد الكروموسومات فى كل خلية فى صورة أزواج ، وعندما تصنع الأنثى خلايا بويضـات ، لا تحصل كل بيوضـة إلا على نصف مجموعة الكرموسومات ، كرمـوسـوم واحد من كل زوج من الكروموسومات. وعندما يصنع الذكر خلايا ذكرية، فإن كل خلية تحصل على نصف مـجمـوعة فقط من هذه الكرمـوسـومـات أيضـا . (توضيح: تحـصل البـويضـات والحـيوانات المنوية على نصف مـجـمـوعـة من الكرومـوسـومـات أى ٣٢ كـرومـوسـومـا فقط، وعند التـزاوج تتـحد بويضـة المرأة مع الحـيوان المنوى من الرجل وتصبح بخلية المرأة (البويضة) الملقحة ٢٣ زوجا من الكروموسومات . المترجم) .

عندمـا تتكاثر الكائنات العضوية جنسيا ، تتحد الخلية الذكرية للذكر مع الخلية البويضـة للأنثى. وتحمل البـويضـة المخـصبة نصف مـجـمـوعة كرُموسـومـات من الأم ونصف مجموعة كروموسومات من الأب، ويشكل الاثنان معًا مجموعة كروموسومات كاملة، وتتطور البويضة المخصبة إلى كائن عضوى يرث صفات أبيه وصفات أمه .

والفرق مـا بين الخلية البويضـة والخلية الذكرية، هو أن الأولى تحتوى على نصف مـجموعة من الكرومـوسـومـات (٢٣ كرمـوسـومـا) بالإضـافة إلى مورد من الغذاء الذى يجب أن يبـقى حـتى تتكون المشـيـمـة، والخليـة الذكـرية لهـا نصف مـجـمـوعـة من الكروموسومات (٢٣ كروموسوما) والقليل جدًا أيضًا من الغذاء ، ومهمتها الوحيدة هى استخدام ذيلها (لأن الخلية الذكرية تشبه فرخ ضفدع صغيرًا جدًا) لتوصيل هذا النصف من الكرومـوسـومـات الذى تحمله إلى البويضـة. وبمجرد أن تدخل خلية ذكرية بويضة أنثى تتكون مجموعة كاملة من الكروموسومات .

ولهذا السبب فالخلية الذكرية خلية صغيرة جدًا، لأنها تكون أكبر قليلاً من نصف نواة ، ومع ذلك فهذا كافٍ لجعلها خلية حقيقية . والخلية الذكرية البشرية لها حجم حوالى ١٧ ميكرومترا مكعبا ليس إلا ، أقل من خمس حجم خلية الدم الحمراء، وهى أكبر صفيحة دموية، بيد أن الخلية الذكرية تعتبر أصغر خلية حقيقية فى جسم الإنسان ، كما أن خلية البويضة هى الأكبر .

وتصل خلية بويضة الأنثى حوالى ٨٢٠٠٠ مرة مثل الخلية الذكرية. وبالنسبة لخلية ذكرية ، فإن خلية البويضة تعادل ٤٠ مرة حجم حوت أزرق بالنسبة للإنسان .

هل الخلايا الذكرية وصفائح الدم هما الحد الأقصى لأفق الصغر أو حدّه ، بالنسبة للكائنات الحية ؟ الأمر ليس كذلك على الإطلاق !

فى سنة ١٦٨٣ ، عندما كان ليفينهوك ينظر فى أحد ميكروسكوباته الصغيرة أحادية العدسة ، اكتشف أجسامًا صغيرة جداً . وقام بوصفها ورسم صور لها . ولم يكن يعرف كنهها ، ولكن بالنظر إلى ما رسمه ، عرف علماء الكائنات الدقيقة الذين جاءوا بعده ما أصبح يعرف بـ "بكتيريا" bacteria . ولم يشاهدها شخص آخر لما يزيد عن قرن ، إلى أن تعرّف عليها بالميكروسكوب البيولوجى الدنمركى أوتو فردريك موللر Otto Frederik Muller (١٧٣٠ - ١٧٨٤) .

والصعوبة الناشئة فى عدم رؤية البكتيريا هى أن عدسات الميكروسكوبات كونت أطيافًا شبيهة بقوس قزح ، بالإضافة إلى تكبير أجسام صغيرة . وهذا يعنى أن كل شىء يرى من خلالها كان يحاط بهالة ملونة . وكلما كان الجسم أصغر كانت الهالة أكثر وضوحا أيضًا ، وقد أظهرت البكتيريا هالة أصبح من الصعب تبينها بشكل واضح .

وفى النهاية ، اخترع رجل البصريات الإنجليزى جوزيف جاكسون ليستر Joseph Jackson Lister (١٧٨٦ - ١٨٦٩) فى سنة ١٨٣٠ ، عدسات لا تكوّن أطيافًا وتسمح برؤية الأشياء الصغيرة بدون عتامة لونية . ومنذ ذلك الوقت أصبحت البكتيريا هى الكائنات الدقيقة الوحيدة التى تم دراستها بصورة فعلية .

بيد أن الدافع لذلك لم يكن موجوداً ، حيث لم تظهر أهمية كبيرة لهذه الأجزاء الصغيرة جدا من الحياة - حتى انكب على هذا البحث الكيميائى الفرنسى لويس باستير . Louis Pasteur (١٨٢٢ - ١٨٩٥) ففى سنة ١٨٦٥ ، كان يدرس مرض دودة القز الذى هدد بالقضاء على صناعة الحرير الفرنسية. فقد لاحظ بكتيريا دقيقة فى ديدان القز المريضة لم تكن موجودة فى الديدان السليمة ، وقد تراءى له أن هذه الطفيليات الصغيرة يمكن أن تكون السبب فى إحداث المرض المعدى ، وأنه لمنع

أو لعلاج هذا المرض فيجب منع الطفيليات من فرض سيطرتها أو إبادتها عندما يتزايد عددها .

هذه النظرية " الجرثومية " للمرض (الجرثوم اسم يطلق على كائن حي دقيق جدا، مثل البكتير) ربما كانت واحدة من أكثر أوجه التقدم أهمية في تاريخ الطب وفتحت الباب لمضاعفة العمر المتوقع لحياة البشر خلال القرن التالي ، وأدت أيضاً إلى اهتمام قوى وجديد بالبكتيريا .

أقحم عالم النبات الألماني فرديناند جيوليه كوهن Ferdinand Julius Cohn (١٨٢٨ – ١٨٩٨) نفسه في العمل ، وكان أول من تعامل مع "علم البكتيريا " bacteriology على أنها فرع خاص من فروع المعرفة . وفي سنة ١٨٧٢، نشر أطروحة من ثلاثة مجلدات عن البكتيريا ، وربما يقال إنه وضع الأساس لهذا العلم .

دفعت دراسة البكتيريا الحياة إلى آفاق جديدة من الأشياء الدقيقة . وربما يكون أكبر أنواع البكتيريا حجما لا يزيد عن ٧ ميكرومترات مكعبة ، حيث لا يعتبر أكبر من صفيحة دموية وأقل من نصف حجم خلية ذكرية بشرية .

أما بالنسبة لأصغر أنواع البكتيريا المعروفة ، فهي أجزاء من الحياة في غاية الضآلة حقا. فقد اكتشفت على البكتيريا المعروفة باسم " الكائنات العضوية الشبيهة بذات الجنب والرئة " pleuro-pneumonia-like organisms في مياه المجاري سنة ١٩٣٦ ، وكل خلية من خلايا هذه الكائنات هي كرة صغيرة جدا لا يزيد قطرها عن ٠.١ ميكرومليمتر. وهذا يعطيها حجم ٠.٠٠٥ ميكرومترا مكعبا .

وهذا يعني أن أصغر بكتيريا لا يزيد الواحد منها عن ١/١.٤٠٠ من أكبر البكتيريا ، و ١/٣.٥٠٠ من حجم الخلية الذكرية .

تعتبر خلية الكائنات العضوية الشبيهة بذات الجنب والرئة أصغر كائن عضوى حى حر في الوجود، على قدر علمنا– أدق قطعة من الحياة قادرة على العيش والتناسل بذاتها (بالطبع شريطة أن يتوفر للخلية البيئة المناسبة بالإضافة إلى الغذاء) . وخلايا الكائنات العضوية الشبيهة بذات الجنب والرئة هي أدق خلايا تحتوى على كل الآلية الكيميائية المطلوبة للحياة .

ويقدر أن يكون لهذه الأجزاء الأصغر من الحياة الحرة كتلة تبلغ حوالى $١٠^{-١٥}$ جرام ، وسوف يحتاج منها عدد ٧٣,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ لكى تماثل وزن الأمريكى الذكر البالغ فى المتوسط.

نزولاً إلى مستوى الفيروسات

ومع ذلك، لا يحتمل على رغم ما يبدو ، أن تمثل خلية الكائنات العضوية الشبيهة بذات الجنب والرئة أصغر صور الحياة.

هناك بعض الأمراض المعدية لم يستطع العلماء أن يجدوا لها بعض الطفيليات الميكروسكوبية المصاحبة. فإما أن النظرية الجرثومية خطأ وإما أن الطفيليات كانت موجودة لكنها لم تر . أحد أسباب عدم رؤية الطفيليات أنها كانت من الصغر بحيث استحالت رؤيتها حتى بواسطة أفضل ميكروسكوبات العصر. اعتقد باستير نفسه بفرضية "الصغير جداً " .

فى سنة ١٨٩٢، درس عالم النبات الروسى ديمترى .أى. إيفانوفسكى Dmitri I.Ivanovski" (١٨٦٤ - ١٩٢٠) مرض فسيفساء التبغ " tobacco mosaic disease وهو مرض نبات التبغ ، الذى من ضمن أعراضه تساقط الأوراق . وإذا ما هرست أوراقه ووضع عصير الورق فوق نبات سليم فإن النبات السليم يصاب بالمرض .

دفع إيفانوفسكى عصير الورقة المصابة داخل مرشح دقيق ، وكان من الدقة بحيث يمكنه احتجاز حتى أصغر البكتيريا - ومع ذلك كان لا يزال العصير معديا. وفى سنة ١٨٩٥ ، كرر هذا العمل بصورة مستقلة عالم النبات الهولندى مارتينيوس وليم بيجرنك Martinus William Beijerinck (١٨٥١ - ١٩٣١) ، وقد أطلق الأخير على العامل المعدى اسم " فيروس" virus وهى كلمة لاتينية تعنى سم ، حيث لم يجد تسمية أخرى يطلقها عليه .

كان البكتريولوجى البريطانى ويليام جوزيف إلفورد William Joseph Elford (١٩٠٠ - ١٩٥٢) لا يزال يستخدم مرشحًا أدق فى سنة ١٩٣١، واستطاع إيقاف العامل المعدى . وقد أوضح أن هذا الفيروس جزىء (على فرض أنه حى) أصغر قليلاً من أصغر بكتيريا .

وعندما كان الكيميائى الحيوى الأمريكى وندل مريدث ستانلى Wendell Meredith Stanley (١٩٠٤ - ١٩٧١) يعمل على كميات كبيرة من عصير أوراق تبغ مصابة ، استطاع التخلص من كل شىء ما عدا الفيروس. بعد ذلك فى سنة ١٩٣٥ ، جعل العصير فى صورة بلورات . وقد حصل على كتلة من بلّورات دقيقة شبيهة بالإبرة وعزلها ووجد أنها تتصف بكل الخصائص المعدية للفيروس بتركيزات عالية .

وفى تلك الأثناء تم تطوير نوع جديد من الميكروسكوبات ، فالميكروسكوب العادى يكبر الأشياء عن طريق إنحاء الضوء المنعكس منها. وهذا التكبير لا يحدث إلا فى حالة ما إذا كانت الأشياء الجارى تكبيرها أكبر بعض الشىء من موجات الضوء نفسها وإن كانت موجات الضوء أكبر من الشىء المراد تكبيره فإن موجات الضوء تتقدمها إن جاز القول . وموجات الضوء صغيرة جداً ولكن عندما يصل الأمر إلى حجم أصغر أنواع البكتيريا فإن موجات الضوء لا تستطيع التعامل معها.

والإليكترونات جسيمات دقيقة جدا، سنناقشها فيما بعد. وفى سنة ١٩٢٧ ، أوضح الفيزيائى الأمريكى كلينتون جوزيف دافيسون Clinton Joseph Davisson (١٨٨١ - ١٩٥٨) أن الإليكترونات التى تسلك عادة سلوك الجسيمات particles تسلك أيضا فى بعض الحالات سلوك الموجات .waves كانت هذه الموجات أكثر قصرًا من موجات الضوء ولهذا السبب يمكن استخدامها فى توضيح أشياء أكثر صغرا من الأشياء التى نراها بواسطة الضوء.

والموجات الإليكترونية ليست جزءًا من طيف كهرومغناطيسى ولا يمكن معاملتها بالطريقة نفسها . وموجات الضوء يمكن أن تنحنى بواسطة العدسات، فى حين أن الموجات الإلكترونية لكونها مصحوبة بجسيم مشحون بشحنة كهربية يمكن أن تنحنى بواسطة المجالات الكهرومغناطيسية . وباستغلال هذا المبدأ، اخترع الفيزيائى الروسى الأمريكى فلاديمير كوزما زوركين Vladimir Kosma Zworyki (١٨٩٩) " الميكروسكوب الإلكترونى [٩] "electronic microscope ، وبحلول عام ١٩٣٩ ، أصبح لديه جهاز يمكن أن يخترق أعماق أصغر ٥٠ مرة من أفضل الأجهزة الضوئية .

وأمكن لأول مرة بواسطة الميكروسكوب الإليكتروني دراسة الفيروسات وكأنها أجسام مرئية ، في حين ظهر هناك ، منذ البداية ، جدل كبير فيما إذا كانت هذه الفيروسات كائنات حية .

وبات من الواضح أن الفيروس ليست له كل الآلية الكيميائية المطلوبة التي تجعله يعيش حياة مستقلة . ومع ذلك يمكنه أن يخترق خلية ، وداخل الخلية يستطيع أن يستغل آلية الخلية لأغراضه الخاصة، ويمكنه أن يتكاثر داخل الخلية على حساب الخلية ، ويمكنه أحيانا أن يقتل الخلية أثناء هذه العملية . لقد كان شكلاً أكثر غموضًا من الطفيلية (العلاقة بين الطفيلي والنبات أو الحيوان الذي يعيش الطفيلي عالة عليه) لم يصادفه البيولوجيون حتى ذلك الوقت ، ولكن هل يمكن اعتبار الفيروس كائنًا حيًا ؟

وحقيقة أن ستانلي كانت لدية فيروسات متبلورة بدت حجة ضد كونها كائنات حية حيث كانت البلّورات مصحوبة بمواد كيميائية وليست بكائنات عضوية حية. ومع ذلك، كانت الفيروسات من الصغر بحيث لم يكن من الممكن رؤيتها ككائنات عضوية حية تعمل بصورة من الصور كمواد كيميائية .

وجاء القرار الحاسم عندما توصل العلماء إلى معرفة الدور الرئيسي الذي تقوم به الأحماض النووية **nucleic acids** في جميع الكائنات الحية بما فيها النوع المعروف "بالحمض النووي الريبي المنقوص الأكسجين"، والذي يختصر عادة د.ن.أ وفهم هذا الحمض لأول مرة نتيجة لأبحاث الفيزيائي الكندي أزوالد تيودور إفري **Oswald Theodore Avery** (١٨٧٧ - ١٩٥٥) ، في سنة ١٩٤٤ ، ومن خلال البحث المشترك لكل من الكيميائي الحيوي الإنجليزي فرانسيس .هـ .سي. كريك (١٩١٦) **Francis Crick** والكيميائي الحيوي الأمريكي جيمس ديوي واطسون **James Watson** (١٩٢٨-) في سنة ١٩٥٣ .

أوضح كريك وواطسون أن الـ د.ن.أ وهو الحمض النووي هو الفئة الأساسية من الجزيئات في الكروموسومات وأنه يتحكم في تصنيع البروتينات **proteins** في الخلايا والأنسجة ، وإنه يتحكم أيضا في طريقة توريث الصفات في الخلايا الوليدة من خلايا الأم أثناء انقسام الخلية، وفي الأطفال من الأبوين في تكاثر الكائنات العضوية . ويطلق

على وحدة الكروموسوم التى تتحكم فى تصنيع أحد أنواع البروتين اسم جين gene توضيح : أى أن الكروموسوم يتكون من العديد من الجينات) .

اتضح أن جميع الفيروسات تتكون من أحماض نووية ملفوفة فى غشاء بروتينى ، وأكبر هذه الفيروسات وأكثرها تعقيداً لها د.ن.أ مثل مختلف الأحماض النووية الموجودة بها . والأنواع الأبسط والأصغر من الفيروسات لها نوع مختلف اختلافا طفيفا يطلق عليه (الحمض النووى الريبى) ر.ن.أ . ويحتوى فيروس فسيفساء التبغ، على سبيل المثال ، على ر.ن.أ .

وقد يُعتبر الفيروس جيناً واحداً أو مجموعة من الجينات ، موجودة بصورة منعزلة وقادرة على اختراق الخلية والاستيلاء على (مثل الغزاة) الآلية التى تمارسها جينات الخلية بصورة عادية .

وإذا ما اعتبرنا حجم جسيم فيروسى فمن الأفضل استخدام وحدة جديدة، هى النانومتر المكعب . حيث يساوى واحد نانومتر مكعب واحد على البليون من الميكرومتر المكعب. وعلى سبيل المثال، فإن خلية الكائنات العضوية الشبيهة بذات الرئة والجنب التى لها حجم ٠٫٠٠٥ ميكرومترا مكعباً ، يمكن أن يقال أيضا إن لها حجماً يصل إلى ٥٫٠٠٠٫٠٠٠ نانومتر مكعب .

وهناك بعض الفيروسات من الكبر بحيث تتداخل فى الحجم مع البكتيريا . فهناك مجموعة ، وعلى وجه الخصوص الفيروسات الكبيرة، على سبيل المثال، التى تسمى "ريكتسيا" rickettsia ، لأن أول من تعرف عليها هو الطبيب الأمريكى هوارد تايلور ريكتس Howard Ricketts (١٨٧١ – ١٩١٠) ، فى سنة ١٩٠٦ . وهى من الكبر بحيث يمكن رؤيتها تحت الميكروسكوب الضوئى ويمكن أن يكون لها حجم يصل إلى عشرة أمثال حجم أصغر بكتيريا حية حرة . ومع ذلك ، فالريكتسيا ، تفتقر على الأقل إلى أحد العناصر الكيميائية الأساسية ولا يمكن أن تتضاعف إلا داخل الخلايا مثل الفيروسات .

والريكتسيا تسبب أمراضا مثل حمى جبل روكى المبقعة Rocky Mountain spot-ted fever وحمى التيفوس typhus fever. ويبلغ حجم ريكتسيا حمى التيفوس ٥٤٫٠٠٠٫٠٠٠ نانومترا مكعبا .

ويصل حجم فيروس أصغر مثل الفيروس المسبب للإنفلونزا نحو ٨٠٠٠٠٠ نانومتراً مكعبًا ، قليلا فقط عن ١/٦ حجم أصغر بكتيريا . ويبلغ حجم فيروس فسيفساء التبغ ٥٠٫٠٠٠ نانومتر مكعب، فقط ١/١٠٠ من حجم أصغر بكتيريا (فلا عجب أن يمر خلال مرشحات إيفانوفسكى) ، ويبلغ متوسط حجم جين ٤٠٫٠٠٠ نانومتر مكعب .

وأصغر الفيروسات المعروفة هو الذى يسبب مرض الدرن المغزلى الشكل فى البطاطس spindle tuber disease . وربما قد يصل حجمه ٢٠٠ نانومتر مكعب فقط . وعند هذا الحجم يصل حوالى ١/٢٥٠٠ من حجم أصغر بكتير، وتقدر كتلته بـ ٨×١٠ $^{-19}$ جرام .

هناك تنوع مدهش من صور الحياة على الأرض. فقد يتطلب الأمر ٢٫٥ × ١٠ ^{27} فيروس من فيروسات الدرن المغزلى الشكل (اثنين ونصف بليون بليون بليون) لتكون لها كتلة شجرة السكوية. ومع ذلك، فهذا الفيروس الدقيق هو كائن حى يعيش مثل شجرة سكوية ضخمة.

وعلى الرغم من ذلك، فحتى أصغر الفيروسات لا يعتبر الحد المتناهى فى الصغر؛ فإنه يتكون من أجسام أصغر، وعندما يحين الوقت للإنسان لكى يدرس الفيروسات ويحدد حجمها، فإن أفق الصغر(الضآلة) يكون قد تقدم للأمام خطوات بعيدة .

الهوامش

(١) السير إسحاق نيوتن (١٦٤٣ - ١٧٢٧) : رياضى وفيزيائى إنجليزى وضع قانون الجاذبية وقوانين الحركة. المترجم .

(٢) ألبرت أينشتين : فيزيائى أمريكى ألمانى المولد صاحب نظرية النسبية منح جائزة نوبل فى الفيزياء عام ١٩٢١ . المترجم

(٣) الطن : الطن الإنجليزى ويساوى ٢٤٠٠ باوندا والطن المترى (tonne) يساوى ١٠٠٠ كيلوجرام. المترجم .

(٤) هذه فقط مقولة عامة ولها استثناءات واضحة فالحية المجلجلة تعتبر أكثر خطرا عن البقرة وكلنا يعلم ذلك. . المؤلف .

(٥) هو ذا بهيموث الذى صنعته معك. يأكل العشب مثل البقرة. هاهى قوته فى متنيه وشدته فى عضل بطنه، يخفض ذنبه كأرزة. عروق فخذيه مضفورة. عظامه أنابيب نحاس. جرمها حديد ممطول. هو أقل أعمال الله. الذى صنعه أعطاه سيفه. لأن الجبال تخرج له مرعى وجميع وحوش البر تلعب هناك. تحت السدرات يضجع فى ستر القصب والغمقة. تظلله السدرات بظلها. يحيط به صفصاف السواقى . هو ذا النهر يفيض فلا يفر هو. يطمئن ولو اندفق الأردن فى فمه. هل يؤخذ من أمامه. هل يثقب أنفه بخزامة. سفر أيوب الإصحاح ٤٠ (١٥ - ٢٤) .

(٦) هنرى كافنديش: كيميائى وفيزيائى بريطانى اكتشف الهيدروجين. المترجم .

(٧) ثابت الجاذبية: الثابت الكونى للجاذبية، ويساوى ٦,٦٧٣٢×١٠-١١ نيوتن .م٢. كجم -٢ معجم الفيزياء. د.إبراهيم حمودة ، مكتبة أكاديميا .

(٨) الميكرومتر يبلغ واحد من المليون من المتر، أو واحد من عشرة آلاف من السنتيمتر. وعلى ذلك فإن الميكرومتر المكعب هو واحد على تريليون من السنتيمتر المكعب .

(٩) ميكروسكوب إلكترونى : ميكروسكوب تطبق فيه الخاصية الموجية للإلكترونات ويستخدم عدسات كهرومغناطيسية للتأثير على الأشعة الإلكترونية، وتزيد قدرة الاستبانة فيه عنها فى الميكروسكوب الضوئى، وبذلك تزداد قدرة رؤية التفاصيل الدقيقة فيه . المترجم .

الفصل التاسع عشر

الذرات وما دونها

قابلية المادة للانقسام

تجادل اليونانيون القدماء حول المدى الذى يمكن أن ينقسم إليه أى جسم ، فالفخار يمكن أن ينكسر بسهولة و تتكسر القطع المكسورة مرة أخرى إلى قطع أصغر إلى أن تنسحق جميع القطع فى صورة غبار ناعم. هل يمكن سحق الغبار إلى درجة أنعم وأنعم دون حد ؟ أم هل كانت هناك أشياء مثل قطعة الفخار(أو من أى شىء آخر) من الصغر بحيث لا يمكن أن تنقسم إلى أى شىء أصغر بأية وسيلة ؟

لم يكن لدى الفلاسفة الذين فكروا فى وجود مثل هذا الشىء الأصغر، ولا لدى الذين فكروا فى عدم وجود أشياء أصغر أرصاد تجريبية ، فكلاهما كان يجادل بطريقة منطقية بناء على فروض أساسية .

ومن الطبيعى ، رغما عن ذلك، إذا بدأ المرء بفروض مختلفة أن يصل إلى نتائج مختلفة . وحيث إنه لم يختبر أية مجموعة من مجموعات النتائج بالمقارنة بالكون نفسه ، فلا توجد طريقة واضحة للاختيار من بينها. فقد يختار المرء البديل الذى يروق له .

وعموماً ، فقد اختار أكثر الفلاسفة اليونانيين تأثيراً قابلية الانقسام غير المحدودة وعدم وجود أى جسيم مطلق .

وأول شخص نعرفه أيد فكرة الأقلية **minority notion** لجسيم مطلق **ultimate particle** هو الفيلسوف اليونانى ليوكيبس **Leucippus** . فقد أكّد على ذلك نحو سنة ٤٥٠ ق.م. وربما يكون أيضا هو أول من ذكر "مبدأ السببية" **the rule of causality**

الذى ينص على أن لكل حدث سبب طبيعى أوجده، ويعنى هذا استبعاد وجود أية قوة خارقة للطبيعة أو وجود قوى سحرية .

وكان ديمقريطس[1] Democritus (٤٧٠ - ٣٨٠ ق.م) أكثر شهرة من أستاذه ليوكيبس . فقد أكد على أن المادة تتكون من جسيمات متناهية الصغر تبدو معها المادة وكأنها متصلة. وقد شعر أن هذه الجسيمات من الصغر بحيث لا يمكن تصور شىء أصغر منها. ولما كانت تعتبر هذه الجسيمات غير قابلة للانقسام، فقد أطلق عليها ذرات atoms ، وهى كلمة يونانية تعنى " غير القابل للانقسام" ، وأصبحت تسمى atom بالإنجليزية .

وتلك الذرات هى التى كان يظن ديمقريطس أنها أبدية ولا تتبدل وغير قابلة للانقسام ، ولولاها لما وجد شىء . وهى توجد بأنواع مختلفة، و تتكون كل الأشياء المختلفة الموجودة من مجموعات ذرية . وإذا كان الشىء الذى نعرفه مختلفًا ، فالسبب فى ذلك هو أن مجموعة ذراته مختلفة .

وفى كل هذا، كان ديمقريطس محقًا فى ضوء الفكر الحديث لكنه لم تكن لديه الوسيلة لتفسير صحة اعتقاده ، ولذا فقد رُفِضَت أفكاره .

ومن المرجح أن يكون ديمقريطس قد ألّف اثنين وسبعين مجلداً ، غير أن أفكاره لم تكن لها الشعبية التى تشجع الناسخين على نسخ هذه الكتب مرات عديدة . ولما كان لا يوجد سوى عدد قليل من النسخ المطبوعة ، فربما يكون هذا هو السبب الأساسى لعدم وجود نسخ منها حاليا . وكانت أفكار ديمقريطس سيطويها النسيان لولا أن أشار إليها فلاسفة آخرون عاشت أعمالهم .

وعلى الرغم من هذا، فلم يختف أبدا المذهب الذرى لليوكيبس وديمقريطس، فقد كان هناك دائما بعض الفلاسفة يؤمنون بفكرة الأقلية.

ويعد أبيقور Epicurus (٣٤١ - ٢٧٠ ق.م) ، أهم الفلاسفة اليونانيين الذين جاءوا بعد ذلك وقبلوا الفكرة وهو الفيلسوف الذى أسس مذهبًا فلسفيًا مبسطًا . وقد درس فى منهج الفلسفة الذى أصبح يعرف

بـ" الأبيـقـورية " Epicureanism المبـدأ الذرى للكـون ، واسـتـمـر تلامـيـذه يروّجـون لهـذا المبـدأ. ولم يبق إلى يومنا هـذا كـتـاب واحـد من كـتـب أبيـقـور التـى بلغـت الثلاثمائة كتاب .

كـان الكاتب الرومـانى تيـتوس لوكـريتس كـاروس Titus Lucretius Carus(٩٥ – ٥٥ ق.م) من أنصـار المذهب الأبيقورى . وفى سنة ٥٦ ق.م نشر كتاب De Nature Rerum (" عن طبيعة الأشيـاء") وصف فيه الكون بمفاهيم ذرية تماما . وقد شعر بأنه حتى العقل والروح يتـكونـان من الذرات ، ولو كـانت هناك أية آلهة فـسوف تتكون من ذرات أيضا .

ولم يدم كـتـاب لوكـريتس الوحـيد أيضـا، وعلى الأقل لم يكن يعـرف منه أية نسخ أثناء العصـور الوسطى، وجاءت المعرفة بالكتاب من خـلال إشارات فى مصـادر أخرى . لكنه من جـهة أخرى اكتشف فى سنــة ١٤١٧ مـخطوطة وحيدة بطريقة غـير متوقـعة تماما ، وتم نسـخها ولاقت رواجًا كبيرًا .

فى ســنة ١٤٥٤ ، ابتكر المخترع الألمانى جوهان جوتنبرج Johann Gutenberg (١٣٩٨ – ١٤٦٨) فن الطباعة بالحروف المتحركة ، وأصبح من اليسير إنتاج نسخ طبق الأصل من أى كتاب بأعداد كبيرة، ومنذ ظهور الطباعة لم يكن مصير أى كتاب الضياع أيا كانت أهميته .

ومن الكتب القديمة التى تم طبعها كتاب لوكريتس، ولذا دامت أفكار اليونان عن المبدأ الذرى برغم كل شىء .

وأحد المحدثين الذين تأثروا بكتاب لوكريتس وتبنى أفكار المبدأ الذرى Greek atomism اليونانى ، هو الفيلسوف اليونانى بيير جاسندى Pierre Gassendi (١٥٩٢ – ١٦٥٥) . بعد ذلك أثّرت كتابات جاسندى بدورها على الفيزيائى والكيميائى الأيرلندى روبرت بويل Robert Boyle (١٦٢٧ – ١٦٩١) . فـقد كـان بويل فى النهاية هو الذى درس المبـدأ الذرى فى ضوء التجريب (بعد اثنين وعشرين قرنا من توصل ليوكيبس للفكرة ، أولا) .

وقام بإجراء تجارب على الهواء ؛ والهواء يعتبر أقل كثافة من سوائل أو جوامد كالماء أو الصخر. أى أن حجماً معيناً من الهواء له كتلة تماثل تقريبا ١٧٥٠/١ من كتلة نفس الحجم من الماء وأقل من ٢٠٠٠/١ من كتلة نفس الحجم من الصخر .

ووفقا لوجهة النظر الذرية ، فإن منشأ هذا الاختلاف فى الكثافة يرجع إلى أحد احتمالين ، إما أن ذرات الهواء أقل كثافة من كثافة الماء أو كثافة الصخر ، أو أن ذرات الهواء لها نفس كثافة الماء أو كثافة الصخر لكنها متباعدة عن بعضها البعض (أو بالطبع ، إلى حد ما كلاهما) .

افترض الحالة التى تكون فيها ذرات السوائل والجوامد متصلة ببعضها البعض فى حين أن ذرات الهواء متباعدة عن بعضها البعض ويفصلها خواء ، وهذا ما يجعل الهواء أقل كثافة من المواد الأخرى. وفى تلك الحالة ، لما كانت ذرات الماء أو الصخر متصلة أو شبه متصلة، فمن الصعب ضغطها معا وجعلها تتخذ حجماً أقل . والهواء ، من ناحية أخرى يجب أن يكون منضغطا بسهولة، حيث تضطر الذرات المنفصلة إلى الانضمام مع بعضها بصورة أقرب . ويمكن أن ينضغط الهواء مع بعضه البعض بنفس الطريقة التى تنضغط بها قطعة إسفنج مع بعضها البعض ، ولنفس السبب . (وهذا هو الشىء الذى شكك فيه المهندس العبقرى اليونانى هيرو[٢] Hero حوالى سنة ٦٠) .

وفى سنة ١٦٦٢، اختبر بويل هذا الاحتمال . فقد استخدم أنبوبة زجاجية على شكل حرف (J) طرفها القصير مقفل وصب الزئبق فى الذراع الطويل المفتوح وتجمع عند قاع الـ (J) ، وحبس الهواء فى الطرف القصير . وعندما سكب مزيداً من الزئبق كان الوزن الإضافى للزئبق يضغط على الهواء فى الذراع القصير. ولم يكن ينطبق ذلك على السوائل والجوامد ، وهذا يؤكد بقوة على المبدأ الذرى .

وقد يجادل المرء، بطبيعة الحال، بأن هذا الاحتمال مجرد دلالة على التركيب الذرى للهواء والغازات الأخرى . وربما لا تزال السوائل والجوامد مستمرة. ومع ذلك ، يمكن جعل الماء يغلى بسهولة عند تسخينه ، أو جعله يتبخر عند درجات حرارة عادية ، وفى كلتا الحالتين يصبح بخار ماء ، الذى يعتبر غازا ويمكن ضغطه بسهوله . ويمكن

أن تتحول العديد من المواد التى سواء أكانت صلبة أم سائلة إلى بخار ، ولذا فقبول حقيقة أن الغازات تتكون من ذرات يعنى قبول حقيقة أن كل المواد تتكون من ذرات .

وربما يكون بطبيعة الحال، أن المواد تتحطم إلى جسيمات دقيقة لكن عملية التحطم عملية عشوائية بحيث تصبح الجسيمات بأية حجم ولا تكون لها أهمية تذكر . فالبخر والغليان ربما لا يكونان سوى تحطيم للمادة، مثلما يؤدى الطرق إلى تحطيم الصخر ، وربما تتحطم الجسيمات المتكونة دائما إلى قطع أصغر .

وقد جاءت هذه الفكرة بداية ببحث الكيميائى الفرنسى جوزيف لويس بروست Joseph Louis Proust (١٧٤٥ - ١٨٢٦) . ففى سنة ١٧٩٩، أوضح بروست أن مادة مثل كربونات النحاس تتكون من النحاس والكربون والأكسجين وأنها تتكون دائماً بنفس نسب الأوزان لكل منها بغض النظر عن تحضير كربونات النحاس فى المعمل ، أو عزلها من الصخر ، فإن الـ ١٠ جرامات من كربونات النحاس تحتوى دائما على ٥ جرامات نحاس و٤ جرامات أكسجين وجرام واحد كربون .

ومضى يوضح أن هناك موقفًا مشابهًا فى عدد من المواد الأخرى ، وصاغ قاعدة بأن كل المركّبات (المواد التى تتكون من أنواع مختلفة من الذرات) تحتوى دائما على عناصر (المواد التى تتكون من نوع واحد من الذرات) بنسب محددة معينة ولا أشياء أخرى . وهذا ما يعرف بـ "قانون النسب الثابتة " law of definite proportions .

والآن لو كانت المادة مستمرة ويمكن أن تتجزأ إلى قطع بأية حجم ، فقد يبدو من المحتمل تمامًا أن تتحد عناصر مختلفة بأية نسب ، مثلما يمتزج مسحوق السكر ومسحوق الكاكاو بأية نسب . وحتى يكون لدينا قانون النسب الثابتة ، يبدو لذلك السبب أن يتكون كل عنصر من جسيمات أساسية معينة ذات حجم معين ، والتى لا تتحدد إلا بأعداد نسبية معينة ، ولابد أن تكون هذه الجسيمات الأساسية هى الذرات التى تحدث عنها ليوكيبس وديمقريطس .

الأوزان الذرية

وباستغلال نتائج أبحاث بروست والأرصاد الكيميائية الأخرى التى أكدت فكرة المبدأ الذرى ، بدأ الكيميائى الإنجليزى جون دالتون John Dalton (١٧٦٦ - ١٨٤٤) فى سنة ١٨٠٣ ، صياغة "نظرية ذرية عن المادة ".atomic theory of matter وقد أشار إلى فضل الفلاسفة اليونانيين القدماء بإطلاق كلمة "ذرة" على الجسيمات المطلقة .

وحاول أن يثبت أن كل ذرات عنصر معين متماثلة وتختلف ذرات أحد العناصر عن ذرات جميع العناصر الأخرى . وحتى ذلك الحد فقد اتفق مع ديمقريطس . ومع ذلك ، فقد ذهب دالتون لما أبعد من ذلك ؛ فقد اعتبر أن الذرات مختلفة الكتلة ، وأنه يمكن قياس كتلها النسبية ، وربما كان قد قدم اقتراحات تتعلق بكيف تنتسب كتل ذرات معينة بعضها البعض بدقة .

كانت أرقام الأوزان الذرية لدالتون كما اصطلح على تسمية هذه الكتل النسبية (وبطريقة خاطئة كذلك ، لأن الأفضل تسميتها الكتل الذرية) أرقاماً غير دقيقة تماماً . وبدءاً من سنة ١٨٢٨، تم استنباط أول أرقام للأوزان الذرية بدقة معقولة ، من خلال تحليلات دقيقة لعدة مركّبات قام بها الكيميائى السويدى جونز جاكوب برزيليوس Jons Jakob Berzelius (١٧٧٩ - ١٨٤٨) .

استخدم برزيليوس كتلة ذرة الأكسجين كأساس له ، وجعلها تساوى ١٦ . وبهذه القيمة كأساس ، أصبح الوزن الذرى للكبريت ٣٢ . وبمعنى آخر، تعتبر ذرة الكبريت ضعف كتلة ذرة الأكسجين .

وهناك ذرات لها كتل أكبر. فذرة اليورانيوم هى أكبر الذرات ذات الكتلة الأكبر التى توجد فى الطبيعة بكميات معقولة ، ووزنها الذرى هو ٢٣٨ ، أى أن ذرة اليورانيوم تساوى تقريباً كتلة ١٥ ذرة أكسجين. وقد تم تصنيع ذرات ذات كتل أكبر فى المعمل فى العقود الأخيرة، ذرات لها كتل ذرية وزنها الذرى أكبر من ٢٦٠ .

وفى الاتجاه الآخر، هناك أوزان ذرية أقل من الوزن الذرى للأكسجين ؛ فالوزن الذرى للنتروجين هو ١٤ والكربون هو ١٢ . والهيدروجين هو أقل أوزان الذرات على الإطلاق لأن وزنه الذرى ١ .

ولكن ما مدى ضخامة الذرات على أساس الوحدات العادية من الكتلة أو الحجم ؟

معرفة الكتلة النسبية لا يفيد بشيء. فربما تعرف أن ذرة الكبريت ضعف كتلة ذرة الأكسجين، لكن هذه المعرفة وحدها لن تدلك على قدر الكتلة الموجودة فعلا بأى من الذرتين مقاسة بالجرامات، أو ما هى أبعاد أى من الذرتين بالأمتار.

وظهر الطريق المحتمل للحل فى سنة ١٨١٥ ، عندما قدم الفيزيائى الإيطالى أماندو أفوجادرو **Amadeo Avogadro** (١٧٧٦ - ١٨٥٦) براهين أدت إلى نتيجة مفادها أن **الحجوم المتساوية من الغازات تحت نفس الضغط ودرجة الحرارة تحتوى على أعداد متساوية من (الجسيمات) الجزيئات** . وهذا يعنى أنه إذا كان أحد الغازات أشد كثافة ثلاث مرات من غاز آخر، فإن السبب فى ذلك هو أن الجسيمات الفردية التى تشكل الغاز الأول كتلتها أكبر بثلاث مرات من كتلة الجسيمات التى تشكل الغاز الثانى . وعلى ذلك يمكن استخدام "فرضية أفوجادرو" **Avogadro's hypothesis** فى تحديد الوزن الذرى من الكثافات النسبية .

وقد أُهملت الفرضية ، فى البداية ، لأنها فهمت بصورة خطأ . فلم يفهم الكيميائيون أن الجسيمات التى تتكون منها الغازات ليست بالضرورة ذرات واحدة . فربما ترتبط مجموعات من اثنين أو أكثر من الذرات ببعضها بصورة دائمة تقريبا، و تسمى هذه المجموعات "جزيئات" **molecules** . وعلى ذلك يتكون الأكسجين من جزيئات أكسجين، يتكون كل منها من زوجين من الذرات ، فى حين يتكون بخار الماء من جزيئات ماء يتكون كل جزىء منها من ثلاث ذرات: ذرتى هيدروجين وذرة أكسجين .

وهذا يعنى أنه بالرغم من أن الحجوم المتساوية من الأكسجين ومن بخار الماء تحتوى على أعداد متساوية من الجسيمات (جزيئات !) ، فإن العدد الكلى للذرات فى حجم الأكسجين هو فقط ثلثا العدد الكلى للذرات فى حجم بخار الماء .

وفى عام ١٨٦٠، أصبحت المسألة فى النهاية واضحة تماماً. ففى تلك السنة فى مؤتمر دولى للكيميائيين (أول مؤتمر يعقد) شرح الكيميائى الإيطالى ستانسلاو كانيزارو Stanislao Cannizzaro (١٨٢٦ - ١٩١٠) بصورة واضحة فى عرض قوى الفرق بين الذرات والجزيئات وكيفية استخدام فرضية أفوجادرو Avogadro's hypothesis بصورة ناجحة.

وعلى أساس أن الوزن الذرى للأكسجين ١٦ ، بدأ الكيميائيون يتحدثون عن الوزن الجزيئى للأكسجين على أنه يساوى ٣٢ ، حيث يتكون كل جزئ من الأكسجين من ذرتى أكسجين . والوزن الجزيئى للماء هو ١٨ ، حيث يتكون كل جزىء من الماء من ذرة أكسجين (وزنها الذرى ١٦) وذرتى هيدروجين وزن كل منها ١ .

ربما لا يعرف المرء مقدار الكتلة الموجودة بجزىء أكسجين ، لكننا نعرف أن عدداً معيناً (وليكن ن) من جزيئات الأكسجين يزن ٣٢ جراماً ، وأن نفس العدد من جزيئات الماء سوف يزن ١٨ جراما لأن الكتلة النسبية لجزىء الماء بالنسبة لجزىء الأكسجين هى ١٩ إلى ٣٢ . وفى الواقع فهذا العدد نفسه فى أى جزىء سيكون له كتلة (س) جرامات ، إذا تصادف أن كان لهذا الجزىء وزن جزيئى (س) .

وبما أن ذلك نتيجة من فرضية أفوجادرو فإن (ن) تسمى "عدد أفاوجادرو" Avogadro's number .

والآن فالسؤال هو:ما قيمة عدد أفوجادرو؟ فبمجرد أن يتحدد هذا، فسوف نعرف كتلة الجزىء وكتلة الذرات التى يتكون منها الجزىء .

ومع ذلك ، فلا تُعتبر الإجابة عن هذا السؤال أمراً سهلاً . كل ما يستطيع الكيميائيون أن يتأكدوا منه فى البداية ، هو أن عدد أفوجادرو كان كبيراً جداً .

حجم الذرات

وقد انفتح الطريق إلى الإجابة عام ١٨٢٧، عندما رأى روبرت براون Robert Brown (الذى اكتشف مؤخرا نواة الخلية) تحت الميكروسكوب مزيجاً معلقاً من

حبوب اللقاح فى الماء . ولاحظ أن الحبوب تتحرك هنا وهناك بصورة غير منتظمة. واعتقد أن هذا قد يكون نتيجة وجود نشاط خفى لحبوب اللقاح. ومع ذلك، فعندما درس جسيمات مصبوغة بنفس الحجم معلقة أيضا فى الماء تبين له وجود نفس الحركة الغريبة ،على رغم أن الجسيمات لم تكن حية .

وقد أشير إلى هذه الظاهرة بـ " الحركة البراونية " Brownian motion ، وقد ظلت هذه الظاهرة سرا غامضا على مدى عقود .

فى سنة ١٨٦٠، قام الرياضى الأسكتلندى جيمس كلارك ماكسويل James Clerk Maxwell (١٨٣١ – ١٨٧٩) بتحليل شامل لخصائص الغازات ، على فرض أنها تتكون من ذرات أو جزيئات تتحرك بسرعة وبصورة عشوائية فى جميع الاتجاهات . وفسر الفرض خصائص الغازات بصورة واضحة وسرعان ما قبلت "النظرية الحركية للغازات" Kinetic theory of gases هذه .

وقد بات من الواضح أن الذرات أو جزيئات السوائل والجوامد لا يمكن أن تكون لها الحركة الطليقة الموجودة لدى الغازات ، لكنه بات من المؤكد أن هناك بعض الحركة . ففى السوائل ، تهتز الذرات أو الجزيئات إحداها نحو الأخرى مثل الناس الموجودين وسط الزحام ؛ وفى الجوامد، تتذبذب فى موضعها كالجنود القلقين فى طابور عسكرى .

وبمجرد أن استوعب هذا، أمكن فهم الحركة البراونية أيضاً . فأى جسم معلق فى سائل سيصطدم من جميع الجوانب بالجزيئات المتحركة فى السائل . وفى الإجمال ، ستنطلق أعداد متساوية من كل الاتجاهات الممكنة والنتيجة النهائية حدوث اتزان بحيث لا يتحرك الجسم المعلق . وفى الحقيقة ، تضمن قوانين الاحتمال أنه سيكون هناك دائما عدد قليل ينطلق من أحد الاتجاهات أكثر من اتجاه آخر فى أية لحظة معينة، بيد أنه من عدة تريليونات فإن عدداً قليلاً آخر فى هذا الاتجاه أو ذاك لن يهم .

كلما كان الجسم المعلق أصغر ، كان عدد جزيئات السائل التى ستضرب بعضها البعض (ستتصادم) أقل ، بحيث إن زيادة عدد قليل فى هذا الاتجاه أو ذاك سيكون

الجزء الأكبر بالتناسب . ومن خلال أجسام فى صغر حجم حبوب اللقاح ، يدفع عدد قليل من جسيمات السائل من أحد الاتجاهات حبوب اللقاح بصورة ملحوظة ؛ بعد ذلك يدفع عدد قليل من جسيمات السائل فى اتجاه آخر بطريقة جديدة . ومما لا بد منه أن حبوب اللقاح ستتبع الذبذبة العشوائية للحركة البراونية . وقد كان هنا شيئًا مرئيًا اعتمد على حركة عدد قليل من الذرات أو الجزيئات .

اقترح طالب كيمياء سويدى ، هو تيودور.هـ.أى.سفيدبرج Theodor Svedberg (١٨٨٤ - ١٩٧١) هذا التفسير للحركة البروانية فى سنة ١٩٠٢ . بعد ذلك نشر آينشتين فى سنة ١٩٠٥ ، فى نفس السنة التى استنبط فيها النظرية الخاصة للنسبية تحليلا رياضيا للحركة البراونية على هذا الأساس. وفى المعادلة الأخيرة ، ضمن عدد أفوجادرو . إذا كانت كل المقادير الأخرى فى المعادلة معلومة فيمكن حساب عدد أفوجادرو .

شرع الفيزيائى الفرنسى جان بابتست برين Jean Baptiste Perrin (١٨٧٠ - ١٩٤٢) فى إجراء تجربة جعلته يتمكن من تحديد قيمة العديد من المقادير فى معادلة آينشتين .

فى سنة ١٩٠٨ ، قام برين بتعليق جسيمات من مادة راتنجية صمغية فى الماء ، فلو كانت المادة الراتنجية خاضعة للجاذبية فقط لكانت الجزيئات ستسقط فى قاع الأنبوبة . بيد أن الحركة البراونية تجعل الجسيمات تتذبذب وتعلقها على ارتفاعات مختلفة فوق القاع .

ووفقًا لمعادلة آينشتين ، فإن عدد الجسيمات الموجودة عند ارتفاعات متزايدة فوق قاع الأنبوبة يجب أن تسقط بطريقة معينة ، ووجد برين أن العدد الذى سقط كان كما توقع بالضبط . ومن خلال ملاحظاته ، قام باستنباط جميع القيم فى معادلة آينشتين ما عدا عدد أفوجادرو . وبمجرد أن تم ذلك أمكن حساب عدد أفوجادرو. وقام برين Perrin بذلك وكان أول شخص يقدم فكرة معقولة عن الحجم الفعلى للذرات والجزيئات .

والقيمة الأفضل الموجودة لدينا لعدد أفوجادرو حاليًا هى حوالى ٦,٠٢٢×١٠٢٣ ، أو ما يزيد قليلاً عن ستمائة بليون تريليون . وسوف نحتاج إلى العديد من جزيئات الأكسجين حتى يكون لدينا كتلة ٣٢ جراما ؛ والعديد من جزيئات الماء ليكون لدينا كتلة ١٨ جرامًا ؛ والعديد من جزيئات الهيدروجين (التى يتكون كل منها من ذرتى هيدروجين) حتى يكون لدينا كتلة جرامين . والعديد من ذرات الهيدروجين أقل جميع الذرات كتلة ستكون لها كتلة جرام واحد .

وتزن ذرة هيدروجين ١/٦,٠٢٢×١٠-٢٣ جرام ، أو ١,٦٧×١٠-٢٤ جرام أو ما يزيد قليلاً عن تريليون من التريليون من الجرام . (وبالطبع ، هناك ذرات أخرى وزنها أكبر) .

ومما لا يدعو للعجب ، إذن ، أنه تُطلّب وقتُ طويل حتى عُرِفَ أن المادة تتكون من ذرات ناهيك عن تحديد كتلتها ، وإنما العجب أنه أمكن تحقيق هذا الإنجاز .

وحيث إن ١٨ جراما من الماء لها حجم ٨١ سنتيمترا مكعبًا وتحتوى على ٦,٠٢٢×١٠٢٣ جزىء ماء فمن السهل حساب مقدار الحجم الذى يشغله جزىء ماء واحد وبالعمل مع مواد أخرى أيضا، فما مقدار الحجم الذى تشغله ذرات فردية من أنواع عديدة .

وذرات الهيدروجين ، على سبيل المثال ، إذا افترضنا أنها كروية الشكل فإن لها قطر ١,٠٥٣×١٠-١٠ مترا، أو ما يزيد قليلا عن عشرة من البليون من المتر . والذرات الأكثر ضخامة أكبر قليلا، بيد أنه حتى أكثر الذرات المعروفة من حيث الضخامة يحتمل ألا يزيد قطرها عن ٨×١٠-١٠ مترا .

وهذا يعنى أن حوالى ٤٠٥ ذرة يمكن أن تنضغط إلى واحد نانومتر مكعب ، وأن فيروس مرض الدرنة المغزلى الذى يعتبر أصغر جزء معروف من الحياة يحتوى على ٧٥,٠٠٠ ذرة .

الإليكترونات

ومع ذلك ، ومما يثير الدهشة ، أنه فى الوقت الذى تحدد فيه حجم وكتلة ذرة الهيدروجين ، ولم يعد هناك شيء خفى فى أفق الصغر ، إلا أن العلماء ساروا خطوات أبعد .

عرّف الإغريق القدامى الذرات بأنها أصغر الجسيمات التى يحتمل وجودها ، وسار الكيميائيون المحدثون فى القرن التاسع عشر على هذا النهج . ومن المؤكد أن كل المكتشفات الكيميائية طوال قرن بعد تقديم دالتون للنظرية الذرية بدت أنها تؤكد هذا . فذرة الهيدروجين باعتبارها أصغر الذرات بدت أصغر جزء من المادة يُحتمل وجوده .

وظهر بداية تقدم جديد عندما تم إجراء تجارب مع الكهربية. عرف العلماء أن التيار الكهربى ينتقل بسهولة خلال المعادن و"موصلات" أخرى . وعرفوا أن هذه التيارات (تحت قوة معينة) يمكن أن تقفز عبر غير الموصلات . والتيارات ، يمكنها ، على سبيل المثال ، أن تقفز عبر الهواء وتحدث شرارة وفرقعة .

والسؤال المنطقى ، إذن ، هو ما إذا كان يمكن جعل تيار كهربى يمر خلال فراغ. وبالمصادفة، ففى سنة ١٨٥٥ ، ابتكر المخترع الألمانى هنريش جيسلر Heinrich Geissler (١٨١٤ - ١٨٧٩) طريقة جديدة وجيدة لتفريغ الهواء من أنابيب زجاجية. وبهذه الطريقة أوجد خواءات جيدة يعمل بها العلماء .

كان المعدن يوضع بإحكام داخل " أنابيب جيسلر" Geissler tubes فى موضعين وبينهما ثغرة خوائية ، بعد ذلك كان يجرى دفع تيار كهربى من إحدى قطعتى المعدن ، "الكاثود" cathode عبر الثغرة إلى القطعة الأخرى ، " الأنود " anode .

وعند إجراء الفيزيائى الألمانى جيوليه بلكر Julius Plucker (١٨٠١ - ١٨٦٨) تجارب على هذا المنوال سنة ١٨٥٨ ، لاحظ ظهور وميض فلورسنتى مخضر عند الكاثود. وقرر فيزيائى ألمانى آخر هو أيوجين جولدشتين Eugen Goldstein (١٨٥٠ -

١٩٣١) أن التفلور تكوّن من إشعاع يخرج من الكاثود. وفى سنة ١٨٧٦، أطلق على الظاهرة بـ "الأشعة الكاثودية [٣] "cathode rays .

وتبع ذلك قرنان من الجدل حول ما إذا كانت الأشعة الكاثودية إشعاع شبيه بالضوء أم أنها تتكون من تيار من الجسيمات . وفى سنة ١٨٩٥ ، أوضح برين (الذى كان فيما بعد أول من يقيس حجم الذرات والجزيئات) أنه عندما غمرت الأشعة الكاثودية أسطوانة، اكتسبت هذه الأسطوانة شحنة كهربية سالبة ازدادت بمرور الوقت . والإشعاعات الشبيهة بالضوء لم تكن تعرف بأنها تحمل شحنة كهربية فقد جعلتها تبدو كما لو أن الأشعة الكاثودية تتكون من جسيمات .

كان يُنظَر إلى جسيمات الأشعة الكاثودية على أنها الجسيمات الأساسية للكهرباء واقترح الفيزيائى الهولندى هندريك أنتون لورنتز Hendrik Antoon Lorentz (١٨٥٣ – ١٩٢٨) تسميتها "إليكترونات"electrons .

ولما كانت الإليكترونات مشحونة كهربيًا ، فيجب أن تنحرف فى طيرانها بواسطة جسيمات أخرى مشحونة بشحنة كهربية وبواسطة المغناطيسات أيضا. استطاع الفيزيائى الإنجليزى جوزيف جون طومسون Joseph John Thomson (١٨٥٦ – ١٩٤٠) أن يوضح الانحرافات وأن يحسب كتلة الإليكترون من مدى تلك الانحرافات فى سنة ٧٩٨١ . اتضح أن هذه الكتلة صغيرة للغاية فهى ١/١,٨٣٧ فقط من كتلة ذرة الهيدروجين أو ٩,١×١٠–٢٨ جراما .

لم يكن الإليكترون موجوداً فى التيارات الكهربية فقط . ففى سنة ١٩٠٢، بدأ الفيزيائى الألمانى فيليب .أى.أ. لينارد Philipp Lenard (١٨٦٢ – ١٩٤٧) دراسة تأثيرات كهربية معينة تحدث فى المعدن عندما يسقط عليه الضوء . وقد اكتشف أن الضوء يجعل ذرات المعدن تطرد الإلكترونات . وجعل "الأثر الكهروضوئى" [٤] photoelectric effect أن من المحتمل أن تحتوى الذرات على إليكترونات . والأكثر من ذلك ، لما كانت معادن عديدة تبعث جميعها إليكترونات متماثلة على قدر ما أمكن تحديده تقريبًا، فقد بدأ يتضح أن الإليكترونات هى العنصر المشترك فى جميع الذرات .

وللمرة الأولى ، تكشَّف للعلماء أنه على الرغم من أن الذرات كانت أصغر الأشياء التى ينبغى التعامل معها فى الحالات الكيميائية العادية فقد كانت هذه الذرات رغمًا عن ذلك أجسامًا معقدة تتكون من كيانات أصغر. وكانت الإليكترونات أول ما يكتشف من "الجسيمات دون الذرية"subatomic particles .

النواة الذرية

فى تلك الأثناء ، فى سنة ١٨٩٦، تم اكتشاف النشاط الإشعاعى(٥) Radioac-tivity. وسرعان ما اكتشف أن الإشعاعات المنبعثة من اليورانيوم من ثلاثة أنواع. وسميت هذه الإشعاعات بأشعة ألفا وأشعة بيتا وأشعة جاما على أسماء الحروف الثلاثة الأولى من الأبجدية اليونانية . وقد اتضح أن أشعة جاما تشبه الضوء فى طبيعتها لكنها ذات أطوال موجية قصيرة للغاية. وتتكون أشعة بيتا من سيل من الإليكترونات المتسارعة .

بيد أن أشعة ألفا كانت شيئًا جديداً، فقد كانت سَيلاً من جسيمات أكثر ضخامة من الإليكترونات ، أضخم منها بما يزيد عن ٧٠٠٠ مرة ، فى الواقع ، ولذلك السبب ، تعتبر(أشعة ألفا) أربعة أمثال ضخامة ذرة الهيدروجين. وعلى الرغم من هذا، بدت أشعة ألفا صغيرة بصورة غير عادية، حيث يمكنها النفاذ خلال طبقات رقيقة من المادة ، ذلك الأمر الذى لا تستطيعه الذرات.

قذف الفيزيائى البريطانى أرنست رزرفورد(١٨٧١ – ١٩٣٧) المادة بدفقات من جسيمات ألفا . وبدءًا من سنة ١٩٠٦ ، اكتشف ، على سبيل المثال ، أن جسيمات ألفا يمكنها النفاذ خلال لوح من رقيقة من الذهب يبلغ سمكها نصف ميكرومتر كما لو كان لا يوجد أمامها شىء ، فلم تتوقف ولم تبطئ ولم تنحرف عن مسارها. وبالفعل ، فنصف ميكرومتر رقيق للغاية . لكن هذا السُمك كافٍ ليحمل ست أو سبع ذرات ذهب . ونفذت جسيمات ألفا فى هذه الذرات جميعًا .

لكنه من ناحية أخرى ، كانت بعض جسيمات ألفا تنحرف عن مسارها - بصورة أكثر حدة . وفى الواقع ، يرتد القليل جداً من جسيمات ألفا بشكل مباشر للخلف عندما تصطدم برقيقة الذهب .

فى سنة ١٩١١، أعلن رزرفورد عن تفسيره لهذه الملاحظات . فقد قال إن الذرة تتكون من نواة صغيرة جداً ، تحتوى على كل كتلة الذرة تقريباً ، وحول النواة سحابة خفيفة جداً من الإليكترونات . وجسيمات ألفا التى انطلقت بسرعة البرق خلال رقيقة الذهب مرت فى الجزء الأعظم الملِىء بالإليكترونات فى الذرات ، حيث تشغل الطبقات الخارجية من الذرة معظم حجمها تقريبا . وبفعلها هذا ، لم تكن تتأثر بشكل ملحوظ لأن الإليكترونات تعتبر أقل ضخامة من جسيمات ألفا .

ومع ذلك، فبضعة جسيمات بمحض الصدفة إن حدث ومرت بالقرب من النواة الكثيفة لإحدى الذرات فسوف تنحرف . وعدد قليل من جسيمات ألفا يصطدم بالفعل بالنواة اصطداماً مباشراً ويرتد عنها .

وكما اتضح، تحمل النواة شحنة كهربية موجبة. وفى سنة ١٩١٤ ، أوضح الفيزيائى الإنجليزى هنرى . جى . جى . موصولاى Henry Moseley (١٨٨٧ - ١٩١٥) أن كل عنصر مختلف له نواة ذرية بها قدر معين من الشحنة الكهربية. وفى كل حالة تتعادل الشحنة الكهربية داخل النواة مع الإليكترونات المشحونة بشحنة سالبة الموجودة حول النواة .

وعلى ذلك، فذرة الأكسجين لها نواة ذات شحنة +٨ فى حين يوجد خارج نواتها ٨ إلكترونات كل منها له شحنة -١ . ونتيجة لذلك، فإن ذرة الأكسجين ككل ذرة متعادلة كهربيا . وذرة اليورانيوم لها نواة ذات شحنة +٩٢، ولها ٩٢ إليكترونا فى الأغلفة المختلفة تجعل ذرة اليورانيوم متعادلة كهربياً .

اقترح رزرفورد أيضا فى سنة ١٩١٤ ، أن النواة الذرية تحصل على شحنتها الكهربية الموجبة من وجود عدد من الجسيمات بكل منها شحنة +١ . هذا الجسيم الذى له وحدة شحنة موجبة أسماه "بروتون" proton . وتتساوى الشحنة على البروتون تماماً

فى الحجم مع شحنة الإليكترون وتخالفها فى الإشارة؛ ومع ذلك فكتلة البروتون تساوى ١,٨٣٦ مرة مثل كتلة إليكترون .

ولا تحتوى النواة على بروتونات فقط . ففى سنة ١٩٣٢، اكتشف الفيزيائى الإنجليزى جيمس شادويك James Chadwick (١٨٩١ - ١٩٤٧) جسيمًا دون ذرى أكثر ضخامة بمقدار ضئيل من البروتون(وكان يقدر بـ ١,٨٣٨ مرة كتلة إليكترون) لكنه لا يحمل شحنة كهربية على الإطلاق. فقد كان هذا الجسيم دون الذرى متعادلاً كهربيا، وأُطلق عليه "نيوترون" neutron .

تتكون النواة الذرية من بروتونات ونيوترونات وكل نوع مختلف من الذرات يتكون من مجموعة مختلفة من بروتونات ونيوترونات .

كل عنصر له عدد ثابت من البروتونات فى نواته غير أن عدد النيوترونات قد يتغير بدرجة طفيفة. والعدد المختلف من النيوترونات يؤدى إلى نوع مختلف بدرجة طفيفة ("نظير") من العنصر. وعلى ذلك، فكل ذرات الأكسجين لها ثمانية بروتونات فى أنويتها. ولمعظمها أيضا ثمانية نيوترونات وهى حينئذ أمثلة من النظير "أكسجين -١٦ " . تمثل الـ ١٦ العدد الكلى للبروتونات والنيوترونات. ولبعض ذرات الأكسجين تسعة أو حتى عشرة نيوترتونات فى النواة بالإضافة إلى ثمانية بروتونات ، وتلك الذرات هى "الأكسجين -١٧ " و "الأكسجين -١٨ ".

أصغر النوى هى نوى الهيدروجين، لأنها تحمل شحنة +١. وكل ذرات الهيدروجين تقريبا لها نوى تتكون من بروتون فقط ولا شيء آخر، وتلك هى "الهيدروجين-١". وقد يكون لذرات الهيدروجين أيضًا نيوترون واحد أو حتى اثنين فى النواة وتلك الذرات هى "الهيدروجين-٢ " و"الهيدروجين-٣".

وعندما يتعلق الأمر بالحجم ، تقابلنا بعض الصعوبات عند التعامل مع الجسيمات دون الذرية. فكل الجسيمات لها خصائص موجية ، وكلما كان الجسيم أقل كتلة يظهر عليه وجه الموجة بصورة أوضح. والإليكترون له كتلة صغيرة بحيث يصعب القول إن له حجمًا معينًا . إنه أشبه ما يكون بموجة منتشرة .

بيد أن البروتونات والنيوترونات من الضخامة بحيث تظهر عليها طبيعة الجسيم ، وكجسيمات يبلغ قطر كل منهما تقريبا ٢,٥×$١٠^{-١٥}$ مترًا . والنوى الأكثر تعقيداً هى إلى حد ما أكبر من النوى الأصغر حيث يمكن أن تحتوى بداخلها على المزيد والمزيد من البروتونات والنيوترونات . وأكبر النوى الموجودة بصورة طبيعية هى نواة اليورانيوم –٢٣٨ ، التى تحتوى على ٩٢ بروتونا و١٤٦ نيوترونا ، ويصل قطرها ١,٥٥×$١٠^{-١٤}$ مترا، لذا فهى تعتبر أكبر من البروتون بـ ٦,٢ مرة .

وفى أية ذرة، يصل قطر النواة ١/١٠٠,٠٠٠ من قطر الذرة التى تتكون منها. ولو كانت الذرة كرة مجوفة فيمكن ملؤها بحوالى $١٠^{١٥}$ ، أو كدرليون نواة.

النيوترينوات

وحتى البروتون والنيوترون لا يمثلان نهاية حد الصغر. ففى سنة ١٩٥٣، اقترح الفيزيائى الأمريكى موراى جيل – مان Murray Gell-Mann (١٩٢٩–) أن البروتون والبروتون يتكونان من ثلاثة جسيمات أساسية أطلق عليها "الكواركات"(٦) quarks . وعلى الرغم من هذا، فليس من المتوقع أن ننزل أكثر بالنسبة للحجم، لأن ما هو أقل من البروتون والنيوترون لا يكون لحجمه أى معنى .

بيد أنه عندما يتعلق الأمر بالكتلة، فإن الإليكترون بكتلته التى تصل ٩,١×$١٠^{-٢٨}$ جراما، يكون هو الحد الأقصى لأفق الصغر . والإليكترون ، فى واقع الأمر ، هو أقل الجسيمات المعروفة ضخامة وتحمل شحنة كهربية وكان هناك دوماً شعور بأننا فى هذا المقام وصلنا إلى أفق الصغر .

وهناك حقا جسيمات ذات كتلة أقل من الإليكترون، لكنها جميعا بدون شحنة كهربية. والأكثر من ذلك فلهذه الجسيمات الأقل من الإليكترون جميعا كتلة صفر (أو يشك أن لها كتلة صفر) ، ولذا لا تعتبر عادة جسيمات مادة .

وهناك ثلاثة أنواع من الجسيمات ذات كتلة صفر: الفوتونات photons ، وهى الجسيمات الأساسية للضوء والأشعة المتعلقة بها ؛ والجرافيتونات gravitons التى

يُعتقد أنها الجسيمات الأساسية لتفاعلات الجاذبية ولكنها لم تكتشف بعد ؛ والنيوترينوات neutrinos .

وعلى ما يبدو، تعتبر النيوترينوات العدم الغالب تقريبا فى الأنواع الثلاثة . ففى حين تتفاعل الفوتونات والجرافيتونات مع المادة بسهولة، فلا تتفاعل النيوترينوات . فهى تنفذ من المادة كما لو كانت غير موجودة على الإطلاق . ويمكن أن تمر حزمة من النيوترينوات خلال الشمس كلها ، ونادراً ما تضطرب الشمس بمرورها . وربما يكون نيوترينو بالصدفة من عدة تريليونات من النيوترينوات يصطدم بشكل مباشر بالنواة وقد يتفاعل معها ولا يحدث شيء أكثر من ذلك .

وأول من فكر فى وجود النيوترينو فى سنة ١٩٣١، هو الفيزيائى النمساوى ولفجانج بولى Wolfgang Pauli (١٩٠٠ – ١٩٥٨) لأسباب نظرية بحتة. فالعقبة الكبرى لاكتشاف شيء ليس له كتلة وليس له شحنة وليست له قابلية للتفاعل ، أدى كل هذا إلى تأخير اكتشافه حتى سنة ١٩٥٦، عندما اكتشفه الفيزيائى الأمريكى فردريك رينز Frederick Reines (١٩١٨–) .

وأوضحت التجارب التى أجريت فى سنة ١٩٨٠ فى كل من الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتى أن من الممكن أن يكون للنيوترينوات كتلة لا تساوى الصفر (لأن الأرصاد كانت عند الحدود المطلقة لما يمكن أن يكتشف) . وقد تكون كتلة النيوترينو حوالى ١/٣١٠٠ من كتلة الإليكترون أو حوالى ١/٢٣,٠٠٠,٠٠٠ من كتلة البروتون .

وإذا كان هذا صحيحاً ، فيعتبر النيوترينو فى الأفق (أو الحد) الأدنى للكتلة حيث تصل كتلته نحو ٧٧×١٠$^{-٢٣}$ جرام أو سبعمائة من المليون من التريليون من التريليون من الجرام .

ويمكننا أن نرى الآن المدى الكامل للكتلة فى الكون. تخيل لو أن لدينا ٣٠ شجرة سكوية عملاقة. ونسبة النيوترينو إلى الشجرة كنسبة الشجرة إلى الكون كله حتى أبعد النجوم، واستطاع عقل الإنسان أن يكتشف الكتلة سواء كانت متناهية الضخامة أو متناهية الضآلة .

الهوامـــش

(١) ديمقريطس : فيلسوف يونانى قال بأن العالم يتألف من ذرات مختلفة شكلا وحجما ووزنا. معجم المورد طبعة ١٩٨٨ .

(٢) هيرو أو هيرون الإسكندرى : عالم يونانى أول من طوع البخار المعجم السابق ذكره .

(٣) الأشعة الكاثودية : الإلكترونات المنبعثة من الفتيلة الساخنة للصمام الإلكترونى ، أو المنبعثة من كاثود أنبوب التفريغ الكهربائى ، نتيجة لاصطدام الأيونات الموجبة به. معجم الفيزياء . د إبراهيم حمودة أكاديميا – طبعة ١٩٩٢ .

(٤) الأثر الكهرضوئى : ظاهرة يطرد فيها الفوتون إلكترونا من الذرة ، وفيها تنتقل طاقة الفوتون كلية إلى الإلكترون ، فتكون طاقة الحركة للإلكترون المطرود مساوية لطاقة الفوتون،مطروحا منها طاقة ربط الإلكترون فى الذرة . المعجم السابق ذكره .

(٥) النشاط الإشعاعى : خاصية بعض النويات فى أن تتحول إلى نويات أخرى، مع بث أشعة جسيمات مشحونة أو فوتونات . معجم سابق ذكره .

(٦) الكوارك : جسيم افتراضى ، يقترح أن يكون لبنة بناء الهادرونات، وشحنته كسر من شحنة الإلكترون ، ويمكن بناء عدد كبير من الهادرونات نظريا من الكواركات . معجم سابق ذكره .

الفصل العشرون

الكثافة والضغط

الكثافات القديمة

عند التعامل مع الكتلة mass ، فأحيانًا لا يكون مقدارها بذى أهمية كبيرة . ومما يهمنا أيضا هو مدى تماسك الكتلة مع بعضها – مقدار الكتلة الموجودة فى حجم معين ، وكتلة وحدة الحجوم يطلق عليها الكثافة ، وأية مادة تحت ظروف معينة يكون لها كثافة مميزة .

وعندما تم تطبيق النظام المترى ، اختيرت قيمة الجرام والمتر عن قصد ، بحيث يكون للسنتيمتر المكعب من الماء كتلة واحد جرام. وعلى ذلك فكثافة الماء هى ١جم/ سم٣ .

وفى الحقيقة ، كانت القياسات المبدئية غير دقيقة تمامًا ، وحاليًا تؤخذ كثافة الماء تحت ظروف قياسية من الضغط ودرجة الحرارة ٠,٩٩٩٩٧٣ جرام / سم٣ . وهذا الفرق الضئيل عن الواحد يعتبر صغيراً بالطبع ، حتى يكاد لا يكون بذى أهمية لأى واحد سوى عالم محترف . وتتغير كثافة الماء أيضا تبعا لتغير الضغط ودرجة الحرارة ولكن بدرجة طفيفة نسبيًا ، وسوف نعتبر كثافة الماء ١جم/ سم٣ .

والنظام المعمول به حاليًا هو النظام الدولى المترى ، الذى يستخدم فيه الكيلوجرام والمتر بدلاً من الجرام والسنتيمتر. وكما نعلم فالكيلوجرام يساوى ١,٠٠٠ جرام ، والمتر يساوى ١,٠٠ سنتيمتر.

ويساوى المتر المكعب ١٠٠×١٠٠×١٠٠ ، أو ١,٠٠٠,٠٠٠ سنتيمتر مكعب . فإذا كان وزن سنتيمتر مكعب من الماء هو جرام واحد، فيجب أن يزن ١,٠٠٠,٠٠٠ سنتيمتر مكعب من الماء (واحد متر مكعب) ١,٠٠٠,٠٠٠ جرام ، وهو يساوى ١,٠٠٠ كيلوجرام .

وعلى ذلك ، فكثافة الماء ١,٠٠٠ كجم /م٣. وعندما يتجمد الماء، تتحرك جزيئاته فى تشكيلات أوسع، وتتوزع الكتلة على حجم أكبر قليلاً ، وتقل الكثافة. وتبلغ كثافة الثلج حوالى ٩١٧ كجم /م٣ .

تطفو الأجسام الصلبة فوق الماء إذا كانت كثافتها أقل من كثافة الماء وعلى ذلك يطفو الثلج فوق سطح الماء ، وهذه حالة غير عادية لأن كل السوائل تقريبًا بخلاف الماء تزداد كثافة عندما تتجمد .

وهناك مادة معروفة تطفو فوق سطح الماء ألا وهى الخشب. وتتكون الأنواع المختلفة من الأخشاب من مواد مشابهة، والتى فى حد ذاتها أكبر كثافة قليلا من الماء . ومع ذلك ، فألياف الخشب تتكدس مع بعضها بطريقة رخوة تقريبًا وتشغل حجمًا أكثر مما لو كانت مكتنزة .

وفى بعض أنواع الخشب تكون الألياف مكتنزة بالفعل وهذه الأخشاب فى مثل كثافة الماء أو أشد كثافة منه . بيد أن معظم أنواع الأخشاب تتجمع بطريقة رخوة ولها كثافات من نصف إلى ثلاثة أرباع كثافة الماء . ولخشب البلزا Balsa (شجر أمريكى استوائى ذو خشب خفيف يستعمل فى صنع الأطواف والطائرات) ألياف مفككة جدا ، وتبلغ كثافته ١٤٠ كجم /م٣ .

وعمومًا ، يقال إن الخشب يطفو فوق سطح الماء لأنه أخف من الماء ، وهذه مقولة منقوصة . والذى نعنيه فى الحقيقة هو أن حجمًا معينًا من الخشب يكون أخف أو أقل كثافة من نفس الحجم من الماء . وبمعنى آخر،أن الخشب أقل كثافة من الماء ولهذا السبب يطفو فوق سطح الماء .

ومعظم الأجسام الصلبة المعروفة أكثر كثافة من الماء ، ولهذا السبب تغوص فى الماء. والصخور تغوص ، على سبيل المثال. وللأنواع المختلفة من الصخور كثافات مختلفة، لكن الكثافة النموذجية للصخور العديدة التى تتكون منها قشرة الأرض هى ٢,٨٠٠ كجم /م٣ أو ٢,٨ مرة كثافة الماء .

والمعادن بشكل عام أكثر كثافة من الماء . وهذه القاعدة لها استثناءاتها فمعدن الليثيوم ، على سبيل المثال (المعدن الأقل كثافة من كل المعادن) ، له كثافة ٤٣٥ كجم /م٣ فقط ، ولذلك السبب يعتبر أكبر قليلاً من نصف كثافة الماء . (فيمكنه أن يطفو فوق سطح الماء،لكنه يتفاعل أيضا مع الماء ويتحلل تدريجيا عندما يتلامس معه) .

بيد أن الليثيوم وكل المعادن الأخرى غير الكثيفة لم تكتشف إلا فى العصور الحديثة . فلم يعرف الأقدمون سوى سبعة معادن (بالإضافة إلى العديد من الخلطات أو السبائك من هذه المعادن) وهى جميعا تقريبا أكثر كثافة من الماء أو حتى الصخر . فربما كانت الكثافة غير العادية بالإضافة إلى المظهر لبعض الكتل الصغيرة الصلبة ، هى أول من جذب اهتمام الإنسان المتمدن القديم بوجود المعادن .

وكثافة القصدير،على سبيل المثال ، أقل المعادن السبعة المعروف كثافة لدى القدماء هى ٧,٢٨٠ كجم/م٣ التى تماثل مرتين ونصف كثافة صخر مثل الجرانيت . والحديد من بين المعادن الأخرى المعروفة منذ زمن طويل وله كثافة ٧,٨٦٠ كجم /م٣ ، والنحاس ٨,٩٢٠ كجم /م٣ ، والفضة ١٠,٥٠٠ كجم /م٣ .

ولا يزال الرصاص هو أكثر هذه المعادن كثافة وهو المعدن المعروف والرخيص، الذى يعرفه عامة الناس منذ زمن طويل، وله كثافة ١١,٣٠٠ كجم /م٣ ، ولذلك السبب تبلغ كثافته أربعة أمثال كثافة الصخر.

وليس غريبًا إذن أن يصبح الرصاص نموذجا "للثقل"، ونحن نذكر "الأرواح الكامدة" عندما نكون حزانى ، ونذكر القدم الرصاصية عندما نكون متعبين ونذكر الجفون الرصاصية عندما نكون راغبين فى النوم ، وهكذا.

عندما تتحرك أجسام متشابهة فى الحجم فأكثرها كثافة يكون أكبرها كتلة، ولذلك السبب تكون له كمية تحرك أكبر وطاقة حركة أكبر وله تأثير محطم أعظم عند التصادم. وذلك هو سبب تغير القذائف من الصخر إلى المعادن عند تطور التكنولوجيا العسكرية ، وسبب صنع الطلقات على وجه الخصوص من الرصاص .

وأيضا عندما يرغب المسّاحون فى إقامة خط رأسى فإنهم يضعون بالخيط ثقلا من مادة كثيفة غالبًا ما تكون الرصاص لجعله مشدوداً فى وضع رأسى تحت جذب الجاذبية. ولما كانت الكلمة اللاتينية للرصاص هى plumbum ، فهذا الخط الرأسى يسمى بخط الشاغول أو plumb line .

ومع ذلك فلم يكن الرصاص المادة المعروفة الأكثر كثافة لدى القدماء، فقد كانت هناك مادتان معروفتان بأنهما أكثر كثافة، لكنهما كانتا نادرتين ولم يعرفهما عامة الناس حق المعرفة. فهم لم يعرفوا الكثافات غير العادية التى يتصفان بها لذا فقد ظل الرصاص مضرب الأمثال .

والزئبق من هذه المعادن الكثيفة بوجه خاص سائل . وهذا ما يثير الدهشة لأن معظم السوائل ليست كثيفة على نحو خاص. فالماء عند ١,٠٠٠ كجم /م٣ ، يعتبر تقريبا السائل الأكثر كثافة المعروف لدى القدماء (بخلاف الزئبق). وللعديد من الزيوت النباتية والحيوانية كثافات حوالى كجم /م٣ ، وللكحول كثافة ٧٩٠ كجم /م٣ ، وهكذا .

ومع ذلك ، فكثافة الزئبق هى ١٣,٦٠٠ كجم /م٣ ، ولذلك يعتبر أكُبر كثافة من الرصاص بنحو ٢٠ ٪ . وإذا تصادف أن كان شخص لا دراية له بالزئبق وملأ زجاجة من المعدن فى معمل كيميائى وحاول رفعها ببعض القوة التى يستخدمها مع سوائل مشابهة لها ذات الحجم فسيظن أن الزجاجة ملتصقة بالمائدة .

وحتى الزئبق لا يعتبر المادة الأكثر كثافة ، فكثافة الذهب هى ١٩,٣٠٠ كجم /م٣ ، ولذلك السبب تعتبر كثافته أكبر بـ ٧٠٪ من الرصاص. ولما كان الذهب أقل المعادن شيوعًا ، ويعتبر إلى حد بعيد من أكثر المعادن المعروفة جمالاً لدى القدماء فلم يكن مفاجئًا لهم أنه يمثل الحد الأقصى للكثافة .

وعلى الرغم من أن الذهب أكثر كثافة من الرصاص فقد سيطر جمال الذهب على عامة الناس ، ولم يستخدمه أحد بطريقة مشينة فى التشبيه. فقد تجرى ببطء بأقدام ثقيلة، لكنك ترقص بأقدام ذهبية .

لماذا تختلف الأجسام الصلبة والسوائل هكذا فى كثافتها ؟ لماذا يكون الذهب أشد كثافة من الليثيوم بنحو ٦٣ مرة ؟ وفى جميع الأجسام والسوائل ، فالذهب مثل الليثيوم تلتصق ذراته ببعضها وينشأ الاختلاف من تكدس الترتيب قليلاً بعض الشىء .

ومع ذلك ، فالذرات لها كتل مختلفة . فالبعض بها العديد من البروتونات والنيوترونات المكدسة فى النواة ، والبعض بها القليل منها . والذرات التى بها العديد من هذه الجسيمات النووية لها وزن ذرى عال وتعتبر أكثر كثافة . ونتيجة لذلك ، يمكننا أن نتوقع بشكل عام أنه **كلما كان الوزن الذرى أعلى ، كان العنصر أكثر كثافة** .

والليثيوم ، على سبيل المثال ، له وزن ذرى٧ فى حين أن الأكسجين والسيليكون (المكونات الرئيسية للصخور) لهما أوزان ذرية ١٦ و٢٨ على التوالى . والحديد من ناحية أخرى له وزن ذرى ٥٦ والذهب له وزن ذرى ١٩٧ .

وعلى الرغم من ذلك يلعب حجم الذرات وطريقة تكديسها دوراً أصغر. على سبيل المثال ، فالزئبق له وزن ذرى ٢٠١ والرصاص له وزن ذرى ٢٠٧ ومع ذلك فكل منهما أكثر قليلا من الذهب فى الوزن الذرى ويعتبر كلاهما أقل كثافة من الذهب . والذرة ذات الوزن الذرى الأعلى والتى توجد فى الطبيعة بكميات معقولة هى ذرة اليورانيوم. وعلى الرغم من أن وزنه الذرى ٢٣٨ والذى يعتبر ٢٠ ٪ أكبر من الوزن الذرى للذهب فكثافة اليورانيوم هى حوالى ١٩,٠٠٠ كجم /م٣ والتى تعتبر أقل قليلاً من كثافة الذهب .

الكثافات الحديثة

ربما يكون الذهب قد جذب انتباه الناس لأول مرة منذ حوالى أربعة آلاف سنة قبل الميلاد وطوال خمسة آلاف سنة ظل الذهب يحمل الرقم القياسى للكثافة . وكان من المتصور أن الرقم القياسى لن يتحطم أبداً .

وفى واقع الأمر، فقد تحطم الرقم القياسى فى أربعينيات القرن الثامن عشر. ففى ذلك العقد درس عالم أسبانى ، هو أنطونيو دو أولوا Antonio de Ulloa (١٧١٦ – ١٧٩٥) كتلا من معدن اكتشف فى رمال نهر بنتو فى كولومبيا . ولما كان المعدن ضاربًا إلى البياض فقد أطلق عليه الأسبان الذين يقطنون المنطقة platina del pinto (little silver of pinto) .

وسرعان ما أوضحت الفحوص أنه لم يكن فضة، فقد كان أكثر كثافة من الفضة ودرجة انصهاره عالية جداً ، وأكثر خمولا إلى حد بعيد (وأقل احتمالاً إلى حد بعيد لأن يتفاعل مع المواد الأخرى) . ولذلك السبب أُعطى المعدن الجديد اسمًا مستقلاً . واللاحقة "– يوم" التى عادة ما تستخدم مع المعادن أضيفت إلى الاسم الأسبانى وأصبح يسمى "بلاتينيوم".

ويسبب درجة انصهار البلاتينيوم العالية وخموله فقد كان يستخدم فى تصنيع المعدات الكيميائية ومطلوب تماما لهذا الغرض. وفى سنة ١٨٠٠، استنبط كيميائى إنجليزى هو ويليام هايد ولاستون William Hyde Wollaston (١٧٦٦ – ١٨٢٨) طريقة (احتفظ بسريتها حتى نهاية حياته) لتشغيل البلاتينيوم لصنع أوعية من البلاتينيوم ذات جودة عالية. وقد حقق ثروة كبيرة من هذه العملية وقد كان هذا يعنى أن الكيميائيين الآخرين درسوا البلاتينيوم بشراهة كبيرة .

فى سنة ١٨٠٣، اكتشف كيميائى إنجليزى آخر هو سميثسون تينانت Smithson Tennant (١٧٦١ – ١٨١٥) عند العمل مع البلاتينيوم أن معدنين مشابهين كانا يمتزجان به بكميات صغيرة . وقد أطلق على هذين المعدنين "أريديوم" و"أوزميوم" – الأريديوم من كلمة يونانية بمعنى "قوس قزح" نظراً للألوان المختلفة لمكوناته، والأوزميوم من كلمة يونانية بمعنى "شم" لأن مركبه مع الأكسجين تكون له رائحة كريهة .

وقد اتضح فى النهاية أن الأوزان الذرية للأوزميوم والأريديوم والبلاتينيوم كانت على التوالى ١٩٠، و١٩٢، و١٩٥ ، أدنى بقليل من الوزن الذرى للذهب(١٩٧) .

ومع ذلك، فقد كانت أعلى من كثافة الذهب (١٩,٣٠٠ كجم/م٣) بقليل ، وبالمصادفة فى ترتيب معاكس للأوزان الذرية. فالكثافات هى : البلاتينيوم ٢١,٤٥٠ كجم /م٣ ، والأريديوم ٢٢,٤٢١ كجم /م٣ والأوزميوم ٢٢,٤٨٠ كجم /م٣ .

والبلاتينيوم أكثر كثافة من الذهب بنسبة ١١٪ ، والأوزميوم أكثر كثافة من البلاتينيوم بنسبة ٥٪ . ونحن نعرف حاليا بشكل مؤكد من مواد كيميائية أن هذه المعادن الثلاثة (وسبائكها مع بعضها البعض) هى المواد الوحيدة الأكبر كثافة من الذهب تحت الظروف السائدة على سطح الأرض وأن منها الأوزميوم ذا الكثافة الأعلى ، ولن نجد شيئا أكثر كثافة من الأوزميوم .

ومع ذلك، دعنا نعمل فى الاتجاه المعاكس. لقد ذكرت قبلا أن الليثيوم هو المعدن الأقل كثافة وكثافته ٥٣٤ كجم /م٣ . وهذا بالفعل المادة الصلبة المتضامة الأقل كثافة الموجودة تحت ظروف عادية .

ومن المحتمل أن نجد مواد أقل كثافة إن لم تكن متضامة (مدمجة). فخشب البلزا تصل كثافته ربع كثافة الليثيوم غير أن ألياف هذا الخشب غير مدمجة ورخوة، بحيث أن معظم الحجم الظاهرى لهذا الخشب عبارة عن هواء (أى أنه خشب مسامى) . وعلى ذلك ، فكثافته هى متوسط كثافة الخشب الفعلى ومتوسط كثافة الهواء الذى يتخلله . وبالمثل فالكثافة الكلية لكرة البنج بونج أقل كثيرا من كثافة خشب البلزا ، لأن كثافة الكرة هى متوسط كثافة الغلاف السيللودى الكروى الرقيق ومتوسط كثافة الهواء الموجود داخل الكرة . ولا تزال لفقاعة الصابون كثافة أقل لأن أغلفتها من السائل أرفع وأقل كثافة من السيللويد .

وإن اقتصرنا على المواد المتضامة، إذن ، فلكى نجد أى شىء أقل كثافة من الليثيوم يجب أن نتجه إلى المواد التى لا تكون صلبة إلا فى درجات الحرارة المنخفضة. (وسوف نناقش درجة الحرارة لاحقا فى الكتاب) .

والهيدروجين هو أقل العناصر من حيث الوزن الذرى . يتجمد الهيدروجين عند درجة حرارة – ٢٦٠°(مئوية، والهيدروجين الصلب الذى يوجد حينئذ له كثافة ٨٦,٦ كجم /م٣. وتمثل هذه الكثافة ١/٦ كثافة الليثيوم. والهيدروجين الصلب هو العنصر

المتضام الأقل كثافة الذى يمكن أن يوجد تحت أية ظروف ، تبلغ كثافة الأوزميوم ٢٦٠ مرة كثافة الهيدروجين الصلب .

والسوائل عمومًا أقل كثافة من الأجسام الصلبة ، وهذا ينطبق على حالة الهيدروجين. فالهيدروجين السائل عند درجة حرارة - ٢٥٣° (درجة مئوية له كثافة ٧٠ كجم /م٣ ، ويمثل ٤/٥ فقط الصورة الصلبة . ويعتبر السائل الأقل كثافة الذى يمكن أن يوجد تحت أية ظروف .

وهذا يجعلنا نتجه إلى الغازات .

ولما كانت الذرات المكونة للأجسام الصلبة والسوائل تتلامس ، ففى حالة الغازات تكون ذراتها (أو الجزيئات) غير متلامسة ، حيث تنفصل الجزيئات الأصلية للغازات عن بعضها بمسافات كبيرة من العدم (الخواء) . ولذلك السبب فالغازات ليست متضامة، وكثافاتها أقل من كثافات السوائل أو الأجسام الصلبة، ولنفس السبب فإن كثافة فقاعات الصابون منخفضة - لأننا لا نتعامل مع مادة بمقادير كبيرة ولكن مع مادة متناثرة فى وسط ذى كثافة أقل .

وعلى الرغم من ذلك يمكننا تحديد ظروف قياسية معينة من الضغط ودرجة الحرارة وقياس الكثافة تحت تلك الظروف . وهذا سوف يعطينا الكثافات القياسية التى يمكننا التعامل معها .

وتتوزع الذرات أو الجزيئات التى تتكون منها الغازات بشكل منتظم (تقريبًا) تحت ظروف معينة . ومن ثم فإن الكثافة تتناسب مع كتلة الذرات أو الجزيئات التى يتكون منها الغاز .

والرادون من المواد الغازية تحت ظروف قياسية وله أعلى كتلة جسيم . والرادون مادة مشعة تتحلل بسرعة بحيث لا توجد إلا بمقادير ضئيلة. وإذا أمكن جمعها بكميات كبيرة وقياس كثافتها فسيتضح أن هذه الكثافة ١٠,٢ كجم /م٣ .

افترض ، مع ذلك أننا درسنا سداسى فلوريد اليورانيوم uranium hexafluoride الذى يكون صلبا فى الظروف العادية ، ومع ذلك لا يحتاج إلى حرارة كبيرة حتى يتحول إلى بخار غازى . وجزيئات غاز كهذا هى جزيئات سداسى فلوريد اليورانيوم التى يحتوى كل منها على ذرة يورانيوم واحدة وست ذرات فلور. والوزن الجزيئى هو ٣٥٢ ، وكثافة هذا الغاز هى حوالى ١٦ كجم /م٣ .

ويحتمل أن تكون أبخرة سداسى فلوريد اليورانيوم الغاز الأكثر كثافة الذى يمكننا توقعه تحت ظروف تقترب من القياسية هنا على سطح الأرض ، ومع ذلك يعتبر أقل من ربع كثافة الهيدروجين السائل وهو العنصر الأقل كثافة من جميع المواد فى الحالة الصلبة أو السائلة .

والهواء ذاته يتكون من مزيج من الأكسجين والنتروجين. وكثافة الأكسجين تحت الظروف القياسية هى ١,٤٣ كجم /م٣ ، وكثافة النتروجين ١,٢٥ كجم /م٣. ولما كان الهواء يتكون من ٤/٥ نتروجين و١/٥ أوكسجين، فإن كثافة الهواء تحت ظروف قياسية هى ١,٢٩ كجم /م٣.

وبكثافة منخفضة كهذه تعودنا على اعتبار الهواء شيئًا يمكن إهماله ، مع أنه توجد به كتل حقيقية . فحجرة المعيشة الأمريكية ذات الحجم المتوسط (١٢ قدم × ١٨ قدم ، وارتفاع السقف ثمانية أقدام) لها حجم يصل إلى ٤٩ مترًا مكعبًا . والهواء فى هذه الغرفة له كتلة ٦٣,٤ كيلوجرامًا والذى يعتبر الوزن المتوسط لشاب أمريكى . (ولو كانت غرفة المعيشة مملوءة ببخار سداسى فلوريد اليورانيوم فإن هذا البخار ستكون له كتلة ٧٩٠ كيلوجرامًا) .

وهناك عدة غازات كثافتها أقل من كثافة الهواء، فكثافة الأمونيا Ammonia تحت ظروف قياسية هى ٠,٧٧ كجم /م٣ وكثافة الميثان methane ٠,٧٢ كجم /م٣ وكثافة الهليوم helium ٠,١٨ كجم /م٣ وكثافة الهيدروجين hydrogen ٠,٠٩ كجم /م٣.

إذن ، فالهيدروجين الغازى أقل من ١/٤ كثافة الهواء، ويعتبر ١/٢٥٠,٠٠٠ من كثافة الأوزميوم osmium .

ومع ذلك ، فلم نتعامل حتى الآن إلا مع مواد موجودة على سطح الأرض . افترض أننا مددنا بصرنا لأبعد من هذا . وإذا قمنا بهذا فسوف نجد فى النهاية كثافات أعلى وأقل من أى شيء موجود على سطح الأرض .

الضغوط على سطح الأرض

تحت تأثير مجال الجاذبية يبدو كل شيء منجذبًا لأسفل ، وهذا ما يبعث على الإحساس بالوزن. هذا الوزن يتوزع على مساحة ومقدار . الوزن على وحدة المساحة ، هو " الضغط " pressure .

ونحن نعيش فى قاع محيط من الهواء – الجو – الذى ينجذب لأسفل تحت تأثير مجال الجاذبية الأرضى . فوزنه يضغط علينا من جميع الاتجاهات ويعرضنا إلى "ضغط الهواء air pressure ". ونحن لا ندرك ضغط الهواء هذا تحت الظروف العادية لأن السوائل داخل أنسجتنا تندفع نحو الخارج بضغط مساوٍ بالتمام لضغط الهواء وتعادل تأثيره. ولهذا السبب ، لم يدرك الإنسان على مدى التاريخ الوجود الفعلى لهذه الظاهرة .

ومع ذلك ، كان يلاحظ فى أوقات عديدة فى الماضى أنه مهما كانت كفاءة المادة المصنوعة منها الطلمبة ، ومهما بذل الناس من جهد وعرق فى تشغيل الطلمبة، فإن الماء لا يرتفع أكثر من عشرة أمتار فوق مستواه الطبيعى إلا قليلاً .

وقُدِّمت عدة اقتراحات لتفسير هذه الظاهرة. وفى سنة ١٦٤٣، اهتم بالمسألة فيزيائى إيطالى يدعى إيفانجليستا تورشيللى Evangelista Torricelli (١٦٠٨ – ١٦٤٨) . وفكّر ، إذا كان الناس تعتبر الهواء عدما تقريبًا لكن له بالفعل وزنًا تماما مثل الأشياء الأخرى . وإن كان له وزن ، فسوف يولِّد وزن الهواء ضغطًا ، وسوف يكون ضغط هذا الهواء هو الذى يرفع الماء فوق مستواه الطبيعى . ربما لا يوجد إلا مقدار من الهواء ، ومن ثم لا يوجد إلا مقدار من ضغط الهواء وكان ضغط الهواء الكلى لا يكفى إلا لموازنة عمود من الماء أعلى قليلاً من عشرة أمتار.

وللتحقق من هذه الفكرة، استغل تورشيللى Torricelli [1] الزئبق الذى تصل كثافته ١٣,٤ مرة مثل كثافة الماء. فإذا كان يمكن لضغط الهواء أن يوازن عموداً من الماء أكثر قليلا من ارتفاع عشرة أمتار، فيجب أن يكون كافياً أيضاً لموازنة عمود من الزئبق ارتفاعه ٣/٤ المتر . وسوف يكون وزن هذا العمود من الزئبق مماثل لوزن العمود الأطول من الماء الأقل كثافة .

أخذ تورشيلى أنبوبة زجاجية طولها ١,٣ مترا وأغلق أحد طرفيها ، ثم قام بملئها بالزئبق وسدها بفلينة ووضع الأنبوبة فى طبق كبير مملوء بالزئبق والطرف المسدود بالفلينة فى وضع لأسفل ، ثم نزع الفلينة. بدأ الزئبق يخرج من الأنبوبة لكنه لم يخرج كلية . فقد ظل فى الأنبوبة عمود من الزئبق ارتفاعه ٠,٧٦ مترا ، يبقى عليه (عمود الزئبق) وزن الهواء الذى يضغط لأسفل على الزئبق الموجود فى الطبق .

وعلى ذلك ، كان ضغط الهواء يساوى ضغط عمود من الزئبق ارتفاعه ٠,٧٦ مترا.

ويزن عمود الزئبق الذى مساحة مقطعه واحد متر مربع وارتفاعه ٠,٧٦ مترا، ١٠٣٣٢ كيلوجراماً ، وهو شىء يسهل تحديده . وهذا يعنى أن وزن الهواء فوق متر مربع واحد على سطح الأرض عند منسوب سطح البحر يزن أيضا ١٠٣٣٢ كيلوجراماً .

ويمكننا القول ، إذن ، أن ضغط الهواء يساوى ١٠٣٣٢ كجم /م٢ ، ويمكننا اعتبار أن **١٠٣٣٣ كجم/م٢ تساوى واحد ضغط جوى .**

تذكر أننا نتكلم هنا عن كيلوجرام وزن الذى لا يعتبر الكيلوجرام المستخدم فى النظام المترى حيث يعتبر وحدة كتلة. أما الوزن فهو قوة – قوة يضغط بها شىء على شىء آخر تحت تأثير مجال الجاذبية .

والخاصية الأساسية لقوة هى أن تكون قادرة على تعجيل كتلة .

افترض أننا بدأنا بكتلة مقدارها كيلوجرام فى وضع السكون فى خواء. تخيل قوة قادرة على وضع هذا الكيلوجرام فى حركة، وعندما يستمر فى تطبيق القوة تكون قادرة على جعل (الكيلوجرام) الكتلة تتحرك أسرع وأسرع. وقد تجعل القوة الكيلوجرام

يتحرك بسرعة واحد متر فى الثانية فى نهاية الثانية الأولى ، وبسرعة مترين فى الثانية فى نهاية الثانية الثانية ، وثلاثة أمتار فى الثانية فى نهاية الثانية الثالثة ، وهكذا .

ويقال إن مقدار هذه القوة هو كيلوجرام – متر فى الثانية لكل ثانية . ولتجنب الاضطرار لاستخدام هذه العبارة الطويلة ، عرّف العلماء قوة الواحد كيلوجرام – متر فى الثانية لكل ثانية بأنها تساوى "واحد نيوتن [٢] " 1 newton ، تكريماً لإسحاق نيوتن ، الذى يعتبر أول من قام باستنباط العلاقة بين القوى والتسارعات .

ويكافئ واحد كيلوجرام وزن بوحدات القوة ٩,٨٠٦ وعلى ذلك يساوى ضغط الهواء عند منسوب سطح البحر ١٠١٣٢٠ نيوتن لكل متر مربع .

وعرّف العلماء الواحد نيوتن لكل متر مربع (نيوتن/م٢) بأنه يساوى "واحد باسكال"، تكريما للفيزيائى الفرنسى بليز باسكال Blaise Pascal (١٦٢٣ – ١٦٦٢) الذى قام بإجراء تجارب مهمة على موضوع ضغط الهواء بعد اكتشاف تورشيللى الأساسى . ومن ثم فإن ضغط الهواء عند منسوب سطح البحر، أو (واحد جو) يساوى ١٠١٣٢٠ باسكال .

وضغط الهواء ليس أكبر ضغط يمكن أن يصادفه الإنسان . فعمود من الماء يرتفع ١٠,٣٣٢ متراً يولد ضغطاً مقداره واحد جو. وإذا غاص شخص فى بحيرة لعمق ١٠,٣٣٢ متراً فإن الضغط على جسمه يصل إلى اثنين ضغط جوى .

ويستطيع الجسم أن يتحمل هذا الضغط حيث يرتفع الضغط الداخلى لسوائل الأنسجة لمواجهة هذا الضغط الخارجى الإضافى . وهذا الضغط ، نظريا ، يمكن أن يستمر بشكل غير محدد كلما غاص الشخص أعمق فأعمق ، غير أنه قد تنشأ تعقيدات نتيجة لذلك كما رأينا من قبل فى هذا الكتاب والتى تحد من عملية الغوص لأعماق أكبر .

والعمق الأقصى للمحيط فى أخدود مارياناس Marianas Trench يزيد قليلا عن ١١ كيلومترا. وماء المحيط مالح ويعتبر لذلك السبب أشد كثافة من الماء العذب ، ولذا فعمود من ذلك الارتفاع ينجذب بقوة أكبر ويولد ضغطاً أكبر من عمود مماثل من الماء العذب .

أضف إلى ذلك حقيقة أن ، مع العمق، ينضغط الماء قليلا وترتفع الكثافة قليلاً . وبأخذ كل هذا في الاعتبار، يصبح الضغط في أعمق جزء من المحيط حوالى ١٠٧٠ جو أو ١٠٨٠٠٠٠٠٠ باسكال .

واضطر الإنسان إزاء هذا الضغط إلى أن يحمي نفسه بجدران المعدن القوية لغواصة الأعماق عند اختراقه لأعماق المحيط ذاته.

لا يعتبر الضغط الموجود في عمق المحيط ذاته بالضغط الأعظم الموجود على كوكب الأرض.

فالمادة الصلبة التي تشكل لُحَمة الأرض أشد كثافة من الماء وتمتد لمسافة أعمق، لذا فإذا تخيل شخص أنه يغوص أعمق فأعمق في باطن الأرض، فسرعان ما يجد ضغوطًا أكبر من الضغوط الموجودة في أي مكان داخل المحيط .

ويستمر الضغط في الزيادة كلما سبرنا أعماقًا أكبر من باطن الأرض. ومادة الأرض تتكون من صخر من نوع أو آخر إلى أن نصل لعمق ٢٩٠٠ كيلومتر بعد ذلك يتحول الصخر إلى معدن منصهر.

ويقدر أن يصل الضغط في مركز الأرض ذاتها ٣٦٤,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ باسكال أو حوالى ٣,٦٠٠,٠٠٠ جو .

وفي ظل الانضغاط المتضمن في هذه الضغوط تصبح كثافة المواد أكبر كثيراً مما لو كانت عند سطح البحر ، حيث لا يكون سوى ضغط واحد جوى يدفعها لأسفل . والضغوط الهائلة في العمق داخل الأرض تضغط الذرات نفسها ، وتجبر الأغلفة الإليكترونية في النطاق الخارجي على التحرك بالقرب من النواة ، في مقابل القوى الكهرومغنطيسية القوية التي تميل إلى جعلها تنتشر .

والصخور التي لها كثافة ٣٠٠٠ كيلوجرام في المتر المكعب عند سطح الأرض تقترب من كثافة ٦٠٠٠ كيلوجرام في المتر المكعب عند عمق ٢٩٠٠ كيلومتر حيث تسود منطقة المعدن المنصهر .

ويعتقد أن المعدن الموجود يكون فى الأساس من الحديد، بنسبة ١٠٪ خليط من معدن النيكل المرتبط به . وعند سطح البحر سيكون لهذا الخليط كثافة ٨٠٠٠ كجم/م٣ . وعند عمق ٢٩٠٠ كيلومتر،مع ذلك،تحت ضغط الطبقات الغاشية للصخر تصل كثافة المعدن حوالى ٩٧٠٠ كجم/م٣. ولا تزال ترتفع هذه القيمة أكثر عند أعماق أكبر حتى مركز الأرض ذاته حيث يصل الضغط لأعلى قيمة ويعتقد أن تصل كثافة لب المعدن حوالى ١٣٠٠٠ كجم/م٣ .

وحتى عند مركز الأرض، فإن كثافة المادة الموجودة هناك تبلغ فقط نصف كتلة أزوميوم نقى عند سطح الأرض. ويحتفظ الأوزميوم العادى بأعلى كثافة على الأرض فى جميع أجزائها . وليس على السطح فقط. (بالطبع،لو كانت كمية من الأوزميوم موجودة بمقدار كبير عند مركز الأرض - والتى لا توجد- فقد تصل كثافتها علامة ٣٥٠٠٠ كجم/م٣ فى ظل الضغوط الموجودة هناك) .

من غير المحتمل أن يخترق البشر فى المستقبل القريب أعماق الأرض ليتعايشوا مع الضغوط الهائلة وتأثيراتها . ومع ذلك، هل من المحتمل إيجاد ضغوط عالية فى المعمل؟

كان الفيزيائى الفرنسى إميل هيلارى أماجات Emile Hilaire Amagat (١٨٤١ - ١٩١٥) رائدا فى هذا الخصوص. فقد استطاع من خلال استخدام ضغط ميكانيكى بحجم صغير وابتكار سدادات محكمة قوية بصفة خاصة أن يصل إلى ضغوط ٣٠٠٠ جو فى ثمانينيات القرن التاسع عشر. والذى أوقفه عند هذا الحد أن أفضل السدادات التى أمكنه ابتكارها قد فشلت فى النهاية، لكنه كان على أية حال إنجازاً رائعًا . فقد وصل أماجات إلى ضغوط تبلغ ثلاثة أمثال الضغوط الموجودة فى عمق المحيط .

فى سنة ١٩٠٥ ، كان الفيزيائى الأمريكى برسى ويليام بردجمان Percy William Bridgman (١٨٨٢ - ١٩٦١) يقوم بأبحاث لنيل درجة الدكتوراه من جامعة هارفارد وكان يدرس سلوك ظواهر بصرية معينة تحت تأثير الضغط . وبدأ يشغل نفسه بمشكلة الوصول إلى مستويات أعلى وأعلى من الضغط وابتكر سدادات قوية تستطيع حجز السوائل تحت ظروف قصوى أكثر فأكثر .

وسرعان ما وصل إلى ضغط ١٢٠٠٠ جو وعندئذ، من خلال وسائل محسنة على التوالى وصل إلى ٢٠٠٠٠ جو ثم ٣٠٠٠٠ جو ثم ٥٠٠٠٠ جو ثم ١٠٠٠٠٠ جو وبعد ذلك فى النهاية إلى ٤٥٠٠٠٠ جو بالصدفة والذى يعتبر ٨ /١ الضغط الموجود فى مركز الأرض .

وفى السنوات الأخيرة قام بيتر .م. بيل Peter Bell من مؤسسة كارنيجى Carnegie Institution باستغلال جهاز يعصر مادة بين ماستين (الماس من أصلب المواد المعروفة) و استطاع بهذه الطريقة الوصول إلى ضغوط تصل ١,٥٠٠,٠٠٠ جو ، أكبر من ٢/٥ الضغط الموجود فى مركز الأرض .

وحتى الأرقام التى توصل إليها بيل قد تم تحطيمها على الأقل بصورة مؤقتة فى معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا California Institute of Technology ، حيث كانت تقذف مقذوفات بسرعات عالية من مدفع . وفى لحظة التصادم أمكن الوصول إلى ضغوط لحظية تصل عدة ملايين من الضغط الجوى - إذ تصل إلى الضغط الموجود فى مركز الأرض .

وبهذه الطريقة ، يمكن للعلماء أن يدرسوا التغيرات التى تحدث تحت ضغط عال فى المعادن والفلزات التى تشكل الجزء الأكبر من الأرض وبذلك أمكن الحصول على تصور جيد عن تركيب باطن الأرض- والكواكب الأخرى .

الضغوط بعد نطاق الأرض

حتى لو جاوزنا الضغط الموجود عند مركز الأرض ، ونكون بذلك قد وضعنا رقمًا قياسيًا كوكبيًا ، فإنه لا يعتبر بحال من الأحوال رقما قياسيًا للمجموعة الشمسية. هناك أربعة كواكب أكبر حجما من الأرض وكل من هذه الكواكب الأربعة ، يجب بالضرورة ، أن يكون بها ضغط مركزى أكبر من الضغط الموجود فى مركز الأرض ، حيث يوجد فى كل حالة كتلة أكبر من المادة منضغطة بمجال جذبى أكثر شدة .

والمشترى هو أكبر الكواكب من حيث الكتلة ، وتقدر بعض القياسات ضغطه المركزى بـ ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠ جو أو ثلاثين مرة قدر الضغط الجوى الموجود فى مركز الأرض .

وتواجه الذرات فى الضغوط الموجودة عند مركز المشترى إجهاداً يهدد قدرتها على مقاومة انضغاط الجاذبية . ومع تطور مفهوم الذرة النووية بواسطة رزرفورد فى سنة ١٩١١ أصبح من الواضح أن الذرات قد تنحل تحت وطأة ضغط كاف .

وفى ظل الضغوط العادية، تتركز معظم كتلة أى ذرة فى نواة ذرية صغيرة عند المركز . وهذه النوى تحاط بحجوم كبيرة نسبيًا مملوءة بالإليكترونات . وفى هذه الظروف ، لا تستطيع النوى الاقتراب من بعضها البعض حيث تعترض الإليكترونات طريقها .

بيد أنه من خلال ضغط عال بدرجة كافية ينحل التركيب الإلكترونى فى أنحاء الذرات وتصبح النوى العارية مكشوفة . والآن تستطيع النوى الاقتراب من بعضها البعض وتتصادم وتتفاعل. وإذا كانت معظم المادة الموجودة فى جرم من الهيدروجين فإن النوى تتكون من بروتونات وهذه البروتونات يمكنها أن تندمج عند التفاعل لتكوين نوى الهليوم وتطلق كمية من الحرارة. ونتيجة لهذا الاندماج فى مركز جسم ضخم (جرم يكون أكبر نسبيا من المشترى) تنتج حرارة كافية للسماح لكل الجرم بأن يشع ضوءًا . باختصار يتكون نجم .

وذلك هو السبب فى توهج الشمس بضوئها الساطع .

تبلغ كتلة الشمس ١,٠٢٠ مرة كتلة المشترى ويقدر الضغط فى مركزها بـ ٣٣٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ جو والذى يفوق الضغط الموجود فى مركز المشترى بـ ٣,٣٠٠ مرة . وهذا بالقطع ضغط كاف لهدم التركيب الذرى فى قلب الشمس وإحداث الاندماج النووى nuclear fusion .

وبمجرد أن ينحل التركيب الذرى لإنتاج ما يصطلح عليه البعض " مادة انشطارية " تتحرك النوى الضخمة لمسافة أقرب مع بعضها مما كانت تستطيعه من قبل عندما كانت الذرات متلامسة وتنتج مادة ذات كثافة أعلى بكثير من الكثافة العادية . وتقدر الكثافة عند مركز الشمس ، على سبيل المثال ، أن تصل حوالى ١٦٠,٠٠٠ كجم/م٣ أو سبعة مرات قدر كثافة الأوزميوم .

ومعظم المادة الموجودة فى مركز الشمس تتكون من الهليوم ، ونوى الهليوم لها وزن ذرى ٤ بالمقارنة بالوزن الذرى ١٩٠ لنوى الأوزميوم. ولكى تنتج نوى الهليوم الخفيفة مادة تماثل سبع مرات كثافة الأوزميوم فيجب أن تنضغط نوى الهليوم فى مركز الشمس لمسافة انفصال حوالى ١/٧ مسافة انضغاط نوى الأوزميوم على سطح الأرض .

ولما كانت المسافة بين النوى فى ذرات سليمة عادية تبلغ حوالى ٢٠٠,٠٠٠ مرة من مثل قطر النواة ، فاختصار هذه المسافة إلى ١/٧ لا تزال النوى منفصلة، فى المتوسط ، بحوالى ٣٠,٠٠٠ مرة قطرها. وبالتناسب ، سيكون هذا مشابهاً لكرات بنج بونج مبعثرة تبتعد عن بعضها فى المتوسط بمسافة تزيد قليلاً عن الكيلومتر . هذا التباعد يجعل كرات البنج بونج تتحرك هنا وهناك بحرية ، دون أن يكون هناك مظهر لتزاحمها .

وعلى الرغم من الكثافة الضخمة عند مركز الشمس فالمادة هناك، لذلك السبب ، تصبح كالغاز .

لكنه من ناحية ثانية، لا تعتبر كثافة الشمس هى الكثافة القصوى. فهناك بعض النجوم الأكبر حجما من الشمس تصل كتلتها إلى خمسين مرة كتلة الشمس. ويتوقع من كل هذه النجوم أن تكون بها ضغوط مركزية وكثافات أكبر من الضغوط والكثافات الموجودة فى مركز الشمس .

وأيضا هذه النجوم لا تسجل إلى حد بعيد الرقم القياسى لأعلى كثافة .

فكل ما يحفظ النجوم من الانهيار تحت وطأة مجالاتها الجاذبية الشديدة بدرجة فائقة ، هى درجات الحرارة المركزية الهائلة على السواء المتولدة من الاندماج النووى . وبرغم ذلك ، فى النهاية ، فإن النوى التى تقوم بالاندماج تستهلك ، وتظل النوى الكبيرة فقط موجودة وهى نواتج الاندماج . وفى النهاية ، بعد حقبة من ملايين إلى مئات البلايين من السنين من السطوع فى كل مكان ، لا يستطيع النجم أن يخرج قدراً كافيًا من الحرارة ليظل متمدداً - ومن ثم ينهار .

وفى حال هذه النجوم المنهارة، تتكون كل المادة بالفعل من مادة انحلالية بدلا من مادة لب فقط كما فى حالة الشمس . وترتفع درجات الحرارة والكثافات إلى قيم عالية .

وأول نجم منهار تم اكتشافه هو النجم المصاحب للشعرى اليمانية (وهو ما ذكرناه آنفا فى الكتاب) حيث اكتشفه بيسيل فى سنة ١٨٤٤ . فقد لاحظ أن الشعرى اليمانية كان يتحرك فى مسار متموج كما لو كان شىء له شدة جاذبية نجم يجذبه إليه . ولم يستطع بيسيل أن يرى أى نجم ، حيث كان يمكن أن يفترض المرء أن رفيق الشعرى اليمانية نجم ميت توقف عن السطوع .

وقد شاهد الفلكى الأمريكى ألفان جراهام كلارك Alvan Graham Clark (١٨٣٢ - ١٨٩٧) النجم الرفيق فى النهاية فى سنة ١٨٦٢،. فقد سطع بخفوت واتضح أنه إن لم يكن نجمًا ميتًا فسيكون نجمًا يحتضر. ومن حركته وحركة الشعرى اليمانية يمكن أن يُرى أن للنجم الرفيق (الشعرى اليمانية ب) كتلة تساوى ١,٠٥ كتلة شمسنا .

بعد ذلك فى سنة ١٩١٥ ، استطاع الفلكى الأمريكى والتر سيدنى آدمز Walter Sydney Adams (١٨٧٦ - ١٩٥٦) أن يأخذ طيف الشعرى اليمانية ب . ومن هذا الطيف اتضح أن له درجة حرارة عالية مثل درجة حرارة الشعرى اليمانية ذاتها. وكان سطحه أكثر سخونة من سطح شمسنا .

وفى تلك الحالة ، برغم ذلك ، لماذا ظهر النجم بهذا الخفوت فى السماء ؟ فإذا كان ساخنًا مثل الشعرى اليمانية ذاتها وفى مثل ضخامتها تقريبًا فلماذا لم يكن فى مثل السطوع الذى تظهر به الشعرى اليمانية ؟

كانت الإجابة الوحيدة الممكنة هى أن قطره كان أصغر من قطر الشعرى اليمانية. وربما يكون سطحه ساخنًا وبّراقًا لكنه كان سطحًا صغيراً جداً . وفى الواقع ، من خلال القياسات الحالية اتضح أن قطر الشعرى اليمانية (ب) لا يزيد عن ١١,١٠٠ كيلومتر . ولذلك فإن الشعرى اليمانية (ب) أصغر من الأرض ومع ذلك فهو نجم ساخن أبيض . وبجمع بريقه مع صغر حجمه فلا عجب أن يسمى " قزم أبيض" white dwarf .

وعلى الرغم من صغر حجمه هذا فإن كتلته تساوى ١,٠٥ كتلة الشمس . ومن الواضح أنه كان فى يوم من الأيام نجمًا كبيراً نفد وقوده ولم يستطع أن يظل متمددا ضد جذب جاذبيته . وهناك عدد كبير من الأقزام البيضاء الموجودة ، يعتبر كل منها بقايا نجوم منهارة .

وإذا اعتُبِر جرمًا تصل كتلته ١,٠٥ كتلة الشمس منضغطا فى كرة أصغر من الأرض يمكنك أن ترى أن الكثافة الكلية للشعرى اليمانية (ب) يجب أن تكون كثافة هائلة. وفى الواقع، تصل كثافته المتوسطة ٢,٩٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كجم/م٣ وُقدِّر أن تصل الكثافة فى مركزه إلى ٣٣,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كجم/م٣ . تلك الكثافة تبلغ ١,٠٠,٠٠٠ مرة قدر كثافة الأوزميوم .

وحتى فى حالة كثافة ضخمة كهذه ، فإن النوى فى لب قزم أبيض تنفصل عن بعضها بمسافة مساوية لمسافة انفصال لكرات البنج بونج بمتوسط مسافة ١٥ متراً بينها وبين بعضها . ولا تزال تتصرف المادة كما لو كانت غازاً .

كلما كان النجم ضخما فى الأصل كان مجال جاذبيته أكثر شدة وكان انهياره النهائى أكثر مأساوية . وإذا ما كان النجم ضخما بقدر كاف فيمكن أن يستمر الانهيار حتى تقترب النوى من بعضها وتتلامس .

تلك النجوم هى " النجوم النيوترونية " neutron stars وقد اكتشفها للمرة الأولى فى سنة ١٩٦٧ طالب بريطانى شاب يدعى جوكلين بل Jocelyn Bell ، كان يعمل لدى الفلكى أنطونى هويش Antony Hewish (١٩٢٤-) .

ونجم نيوترونى له كتلة الشمس يكون له قطر لا يزيد عن ١٤ كيلومترا. وتكون كثافته مثل كثافة النواة الذرية ذاتها- فى الواقع، يمكن النظر إلى نجم نيوترونى على أنه نواة ذرية عملاقة .

وكثافة نجم نيوترونى ستكون حوالى ١٠١٨ كجم/٣ أو على الأقل ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مرة مثل الكثافة الموجودة فى مركز قزم أبيض ، و٥٠ تريليون مرة قدر كثافة الأوزميوم. والمادة فى نجم نيوترونى لا تعمل مثل غاز لكنها رغما عن درجة الحرارة العالية تعمل بمثابة مادة صلبة .

ومع ذلك فحتى نجم نيوترونى لا يعتبر الحد الأقصى فى الكثافة . فإذا كان نجمًا ضخمًا بدرجة كافية وإذا انهار بدرجة قوية فقد يتحطم خلال الحاجز النووى nuclear barrier أيضًا . حتى لو كانت مادة النواة الذرية غير قادرة على مقاومة انضغاط الجاذبية . والجسيمات النووية ذاتها تتحل ولا يوجد شىء باق يستطيع أن يمنع عملية الانهيار من الاستمرار إلى ما لا نهاية .

والنتيجة هى ،"ثقب أسود" black hole الذى تنهار فيه المادة تمامًا وترتفع الضغوط والكثافات وشدة الجاذبية إلى ما لا نهاية .

يشعر معظم الفلكيين بشكل مؤكد أن الثقوب السوداء موجودة وربما يكون البعض منها قد اكتشف .

نحو الخواء

افترض أننا انتقلنا إلى الاتجاه الآخر .

فالمادة الأقل كثافة عند منسوب سطح البحر هى غاز الهيدروجين الذى له كثافة ٠,٠٩ كجم/٣ . وعلى ذلك، يحتوى الهواء عند منسوب سطح البحر على ٢٧ تريليون تريليون جزىء ، أيضا . والهواء بالطبع مزيج معقد من عدة غازات. وتسعة وتسعون من كل مائة جزىء هى إما جزيئات أكسجين أو جزيئات نتروجين . لكن الباقى ، الواحد من المائة، لا يزال كافيا لتمثيل أعداد كبيرة من الذرات من مواد أكثر ندرة . وعلى سبيل المثال، فإن $٦×١٠^{-١٩}$ من جسيمات الجو تتكون من ذرات غاز الرادون النادر . وعلى الرغم من هذا، فهذا يعنى أن متراً مكعباً من الهواء عند منسوب سطح البحر يحتوى على ١٦,٠٠٠,٠٠٠ ذرة رادون .

وعلى الرغم من وجود جزيئات عديدة من الهواء فى متر مكعب فالجزيئات الفردية صغيرة لدرجة أن المسافة المتوسطة بينها تقريبا حوالى ١٠٠ مرة قطر الجزيئات الفردية. (وهذا مثل التعامل مع كرات البنج بونج التى تبتعد بمسافة متوسطة ١,٥ مترا) .

ولا ترتبط الجزيئات المنفصلة فى الغازات مع بعضها بروابط كيميائية قوية كالروابط الموجودة فى الأجسام الصلبة . فهى لا ترتبط مع بعضها بأية قوى داخلية على الإطلاق – فقط ترتبط بواسطة الغازات المتصاعدة ، الغازات التى تجذبها جاذبية الأرض . ولو انخفض ضغط الهواء بطريقة ما ، فسوف تنتشر جزيئات الهواء وتصبح أقل كثافة . ولو انخفض ضغط الهواء بدرجة كافية ، فسوف تنتشر جزيئات الهواء (أو أى غاز لهذه المادة) بشكل غير محدد وتتلاشى بصورة تشبه العدم .

إحدى طرق تخفيض ضغط الهواء هو تخيل أن شدة الجاذبية تتناقص . وإذا ما تناقصت بصورة كافية فسوف تفشل فى إحداث ضغط كاف للحفاظ على الجو من الانتشار بصورة لا حد لها والنفاذ إلى الفضاء الخارجى . وذلك هو السبب فى أن عوالم مثل القمر وعطارد ليس لها جو يذكر، ولا يمكن لأى شىء أصغر من القمر أن يكون له جو .

وطريقة أخرى لتخفيض ضغط الهواء هى تخيل أنفسنا نتحرك خلال الجو لارتفاعات أكبر وأكبر. وفى تلك الحالة ، نترك المزيد والمزيد من الجو تحتنا وضغط

الهواء الذى نشعر به لن يعتمد إلا على جزء الجو الذى لا يزال موجوداً فوقنا . وهذا يعنى أن ضغط الهواء يجب أن ينخفض بانتظام كلما صعدنا لأعلى .

وكما ذكرنا من قبل فى هذا الكتاب، فقد أوضح باسكال هذا لأول مرة فى سنة ١٦٤٦ .

ولو كان الجو متساوى الكثافة فى كل الاتجاه لأعلى فسوف يصل لنهايته حينئذ عند ارتفاع ثمانية كيلومترات ، لأنه لا يأخذ إلا عموداً من الهواء ارتفاعه ثمانية كيلومترات كله عند كثافة سطح البحر لإحداث ضغط الهواء الذى نلاحظه بالفعل عند منسوب سطح البحر . ومع ذلك ، فكلما صعدنا لأعلى انخفض ضغط الهواء وكلما انتشرت جزيئات الجو. ويصبح الجو أقل كثافة فأقل ويشغل فراغاً أكبر فأكبر ، لذلك السبب ، ويمتد لأعلى من ثمانية كيلومترات على الرغم من أنه يصبح بانتظام أكثر ندرة .

عند قمة جبل إفرست (ارتفاعها ٨,٨٤ كيلومترا) لا يزيد ضغط الهواء عن ٠,٣١ مما هو عند سطح البحر - أو حوالى ٣١,٤٠٠ باسكال . (ذلك الشيء الذى يضاف بدرجة هائلة إلى صعوبة تسلق ذلك الميل الأخير عندما يجرى قياس القمم العالية) .

قام العلماء باستغلال البالونات والصواريخ فى تحديد خصائص الجو عند ارتفاعات أكبر كثيراً من ارتفاعات الجبال . فعند ارتفاع ١٠ كيلومترات ينخفض ضغط الهواء إلى ٢٨,٠٠٠ باسكال وعند ارتفاع ٥٠ كيلو متراً يصل ضغط الهواء لحوالي واحد من الألف من الضغط الموجود عند سطح البحر أو ١٠١ باسكال وعند ١٠٠ كيلومتر إلى ٠,٠٨ باسكال وعند ٢٢٠ كيلومتر إلى ٠,٠٠٠٠٢ باسكال .

وإذا ما تعلق الأمر بالاستخدام العملى للجو ، فنفترض أنه فى الوقت الذى نصل فيه إلى ارتفاع ٥٠ كيلو متراً فإن ما يتبقى من كتل الهواء تصبح من الناحية العملية لا شيء وربما يمكن اعتبارها أيضا خواء .

وعلى الرغم من هذا، فحتى عند ارتفاع ٢٢٠ كيلو متراً عندما تكون كتل الهواء الهزيلة لها خُمْس البليون من كثافة الهواء الموجود عند سطح البحر فلا يزال هناك 5×10^{15} ذرة أو جزيء فى المتر المكعب. وهذا كاف للتدخل بشكل واضح فى رحلات الأقمار الصناعية ومن خلال المقاومة التى تفرضها لتسلبها فى النهاية من كثير من الطاقة لكى تجلبها إلى الأرض – كما فى حالة المختبر الفضائى المنحوس .

كلما تحرك المرء لمسافة أبعد وأبعد عن الأرض جهة الفضاء تستمر كثافة الغاز فى الهبوط لكنها لا تصل إلى الصفر! فالشمس تبعث على الدوام بكميات من الجسيمات دون الذرية وهى تنتشر فى كل الاتجاهات بسرعات عالية (الرياح الشمسية) ولذا فإن مناطق الفضاء المحيطة بنظام الأرض-القمر تحتوى من ٥,٠٠٠,٠٠٠ إلى ٨٠,٠٠٠,٠٠٠ جزىء فى المتر المكعب (معظمها بروتونات – نوى ذرات الهيدروجين) .

ولا يزال يبدو هذا كقدر كبير من الأرقام لكن هذا أقل من واحد من المليون من التريليون من الكثافة عند سطح البحر.

ماذا عن الفضاء النجمى ، الفضاء بين النجوم ؟ لا يكون توزيع المادة هناك متساوياً فهناك سحب من الغبار،على سبيل المثال، التى قد تملأ ١/٢٥ من الحجم الكلى للفضاء فى الأذرع اللولبية للمجرة وهذه قد تتكون أساسًا من البروتونات إذا كانت النجوم الساخنة موجودة خلالها أو بالقرب منها أو من ذرات الهيدروجين السليمة إن لم تكن هناك نجوم قريبة للإمداد بالطاقة التى تمزقها .

وقد يصل المجموع الكلى من الجسيمات فى تلك السحب إلى ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠ لكل متر مكعب . ومنذ الستينيات ، أظهرت الموجات الراديوية التى تشعها أن هناك أعداداً صغيرة من الجزيئات تشتمل على بعض مركّبات الكربون المعقدة التى توجد أيضا . فى المناطق بين السحب حيث تصل الكثافة إلى أدنى حد فقد يكون هناك عدد قليل من ذرات الهيدروجين يصل إلى ١٠٠,٠٠٠ ذرة هيدروجين فى المتر المكعب . وحتى هنا ، برغم ذلك ، تسهم " الرياح النجمية stellar winds " العديدة . وفى الفضاء

بين المجرات ، البعيد عن كل النجوم ربما يوجد قليل من ذرات الهيدروجين يصل إلى ٠,١ ذرة هيدروجين فى المتر المكعب .

وعلى الرغم من هذا، إذا أخذت حجمًا من الفضاء بين المجرات الفارغ تمامًا ، حجم يماثل حجم كوكب الأرض، فسوف يحتوى هذا الحجم على ما مجموعه ١٠١٩ ذرة هيدروجين . فالفضاء ليس فارغا تماما .

تعلم الإنسان أن يخلق الخواءات هنا على الأرض، أيضا. وأول خواء مهم أنتجه تورشيللى ، عندما قلب عمود الزئبق وجعل جزءًا منه ينسكب . والمساحة التى أفرغها عند القمة المغلقة من الأنبوبة لم تحتو على شىء سوى آثار من بخار الزئبق ، وهذا هو "خواء تورشيللى "Torricellian vacuum .

ومنعه بخار الزئبق من أن يكون خواء صحيحًا ، وعند درجات الحرارة العادية يحتوى متر مكعب من خواء تورشيللى على ٣,٥×١٠ ١٩ ذرة زئبق فى المتر المكعب .

ومنذ أيام تورشيللى طورت العديد من طرق تفريغ الأوعية المغلقة ، ونتجت خواءات تحتوى على أقل من عشرة من التريليون من عدد الجزيئات الموجودة فى فراغ تورشيللى .

ومع ذلك لا يزال يحتوى متر مكعب من أفضل الخواءات التى صنعها الإنسان على حوالى ٣,٠٠٠,٠٠٠ ذرة أو جزىء فى المتر المكعب . وهذا مساو لما هو موجود فى الفضاء بين الكواكب ، لكنه أبعد ما يكون عن جودة الفضاء بين النجوم الأكثر فراغًا (ناهيك عن الفضاء بين المجرات) .

الهوامــش

(١) إيفانجليليستا توريشيلى (١٦٠٨-١٦٤٧) : فيزيائى إيطالى اخترع البارومتر الزئبقى (١٦٤٣) ن. (المترجم) .

(٢) نيوتن : وحدة قياس القوة وهى وحدة مشتقة من وحدات النظام الدولى للوحدات ، والتعبير عنها بالوحدات الأساسية هو م.كجم.ث-٢ . (المترجم) .

الجزء الرابع

آفاق الطاقة

الفصل الحادى والعشرون

درجات الحرارة العالية

درجات الانصهار والغليان

ولما كانت الكثافة هى قياس تركز الكتلة فى حجم معين فإن درجة الحرارة كذلك هى قياس مقدار الطاقة فى حجم معين. ودرجة الحرارة وهى قياس شدة السخونة تعتبر مؤثراً قوياً على الأحداث وهى الشيء الذى ندركه على نحو مستمر .

و تأتى معرفة الإنسان بدرجة الحرارة فى صورة حساسية بيولوجية ، ويكون ملمس الأشياء بارداً أو ساخناً تبعاً لانسياب الحرارة من جسم الإنسان إلى الشيء أو من الشيء إلى جسم الإنسان . ففى الحالة الأولى تنخفض درجة حرارة الجسم عند نقطة التلامس وفى الحالة الأخيرة ترتفع درجة حرارة الجسم وفى كلتا الحالتين يفسر المخ هذا التأثير بصورة ملائمة .

ويمكن أيضا أن نستشعر السخونة أو البرودة من بُعد عندما نقف أمام نار متأججة أو بالقرب من جبل جليدى ، ففى الحالة الأولى تنتقل حرارة النار إلى جسم الإنسان إما بواسطة تيارات الهواء أو بواسطة الإشعاع بينما تنتقل الحرارة فى الحالة الأخيرة من جسم الإنسان إلى الثلج .

ويرجع تاريخ محاولات قياس درجة الحرارة بصورة حقيقية إلى عام ١٥٩٣ عندما ابتكر جاليليو أول ترمومتر thermometer من كلمة يونانية بمعنى مقياس الحرارة) . وفى تلك الفترة، أدرك جاليليو أن الأجسام تتمدد كلما ارتفعت درجة حرارتها ويمكن استخدام هذا المدى فى قياس درجة الحرارة .

قام جاليليو بتسخين بصيلة مجوفة كان يتصل بها ساق طويل مجوف معرّض للهواء ، ونكست البصيلة وجعلت الساق مغمورة فى الماء. وبردت البصيلة وأثناء برودتها انكمش الهواء بداخلها وصعد الماء داخل الساق. وبعد ذلك، عندما ارتفعت درجة الحرارة وتمدد الهواء داخل البصيلة انخفض منسوب الماء. وبانخفاض درجة الحرارة، ارتفع منسوب الماء. فقد كانت مسألة بسيطة بما أن هناك ضغطًا للهواء بالخارج فعند تغير ضغط الهواء جعل منسوب الماء أيضًا يرتفع وينخفض تبعا لذلك ، لكنها كانت مجرد بداية .

فى سنة ١٦٤٥ كان الدوق العظيم فرديناند الثانى دوق توسكانى Grand Duke Ferdinand II of Tuscany (١٦١٠ - ١٦٧٠) أول من استخدم بصيلة يتصل بها ساق مسدودة بصورة محكمة. وقام بملأ البصيلة بالكحول وكان ارتفاع الكحول وانخفاضه فى الساق يتوقف على درجة الحرارة فقط ، ولم يتأثر بضغط الهواء .

وكان الفيزيائى الألمانى الهولندى جبريل دانيال فهرنهيت Gabriel Daniel Farh-renhiet (١٦٨٦ - ١٧٣٦) أول شخص ينشئ ترمومترا دقيقًا بدرجة كافية للاستفادة منه فى التجارب العلمية. ففى سنة ١٧١٤ ، استخدم زئبقا نظيفا لملأ بصيلة الترمومتر وحصر الزئبق بداخل الخواء .

ثم قام بتثبيت مقياس مدرّج يقيس به درجة الحرارة، ثم وضع الترمومتر فى خليط من الماء والثلج والملح ، وحدد مستوى الزئبق بمنسوب صفر درجة مئوية. وجعل درجة حرارة جسم شخص سليم عندما وضع بصيلة الترمومتر فى فمه عند درجة ٩٦ درجة مئوية . ومقابل هذا المقياس اتضح أن درجة تجمد الماء هى ٣٢° ، ودرجة غليانه هى ٢١٢° . (وتصل درجة حرارة الجسم العادية على هذا المقياس ، حاليا ، ٩٨,٦ درجة مئوية) .

وهذا هو "مقياس فهرنهيت" Fahrenheit Scale وتكتب درجات الحرارة التى تستخدمه فى صورة ٣٢° ف أو ٩٨,٦° ف. ويستخدم المقياس الفهرنهيتى فى الولايات المتحدة ويندر استخدامه فى أية بلدان أخرى فى العالم ، وبدأ يتضاءل استخدامه حاليًا حتى فى الولايات المتحدة نفسها .

وفى سنة ١٧٤٢ ،ابتكر الفلكى السويدى أندريه سيلسيوس Anders Celsius (١٧٠١ - ١٧٤٤) مقياسا ثبّت فيه درجة حرارة تجمد الماء عند صفر(ونقطة غليان الماء عند ١٠٠أ(. وكان يعرف هذا المقياس فى الأصل بالمقياس "السنتيجريدى "، من كلمة لاتينية بمعنى "مائة خطوة". بيد أنه فى سنة ١٩٤٨ ، اصطلح على تسميته بصورة رسمية بـ "مقياس سلسيوس" Celsius scale تكريما لمخترعه. وبطريقة أخرى نقول صفرْ و ١٠٠أ. ويستخدم المقياس السلسيوسى فى جميع أنحاء العالم ويتزايد استخدامه حتى فى الولايات المتحدة وسنستخدمه فى هذا الكتاب.

وعندما توافرت ترمومترات دقيقة أصبح من الممكن طرح أسئلة تتعلق بكيفية مواجهة درجة حرارة عالية .

تتذبذب درجة الحرارة الطبيعية فى البيئة العامة المحيطة حولنا خلال النهار والليل وعلى مدى فصول السنة. وأحيانا تكون درجة الحرارة هذه أعلى من درجة حرارة الجسم الطبيعية وهى ٧٣ درجة مئوية. وعلى سبيل المثال، ففى مدينة نيويورك، كانت أعلى درجة حرارة سجلت فى تاريخ مكتب الطقس Weather Bureau (الذى يرجع تاريخ إنشائه إلى فترة الثمانينيات من القرن التاسع عشر فقط) هى ٤١,٧ درجة مئوية ، وتم رصدها فى يوليو سنة ١٩٦٦ .

وفى العاشر من يوليو سنة ١٩٤٣، بلغت أعلى درجة حرارة سجلت فى وادى الموت Death Valley بكاليفورنيا ٥٦,٥ درجة مئوية وهى أعلى بنحو ٢٠ درجة من درجة حرارة جسم الإنسان الطبيعية. ومع ذلك فلا تعتبر درجة الحرارة هذه أعلى درجات الحرارة ، ففى الثالث عشر من سبتمبر سنة ١٩٢٢، ارتفعت درجة الحرارة فى منطقة العزيزية بليبيا حتى بلغت ٥٨ درجة مئوية .

ومع ذلك ، فهناك درجات حرارة على سطح الأرض أو بالقرب منها أكثر ارتفاعًا من درجة حرارة الغلاف الجوى العام من حولنا ، وتتضمن صواعق البرق lightning bolts درجات حرارة هائلة من النوع المحلى أو المؤقت ، ولا تحدث الانفجارات البركانية درجات حرارة عالية تقريباً ، فى حين تظل درجات الحرارة المنبعثة لفترة زمنية طويلة . وفى

أحوال أخرى ، يمكن أن ينجم عن ارتفاع درجات الحرارة اشتعال الحرائق في الغابات .

وتنشأ حرائق الغابات مادامت الغابات موجودة حتى إظهور النار كان أسبق من ظهور الإنسان بفترة طويلة، ومع ذلك فقد كان أشباه الإنسان Hominids أول كائنات تستخدم النيران بشكل متأن – والذين قاموا بأى شىء غير الفرار منها. ومنذ ٥٠٠,٠٠٠ سنة مضت ، كان الإنسان منتصب القامة Homo erectus ، وهو الإنسان ذو الدماغ الصغير نسبيا الجد الأول للإنسان الحديث كان فيما يبدو يقف حول مواقد النيران .

واستطاع الإنسان منتصب القامة (وكذلك الجنس البشرى Homo sapiens لآلاف عدة من السنين) ألا يستخدم إلا النيران التى استخلصها من مواد تحترق لأسباب طبيعية، وكانت عادة بسبب ضربات الصواعق. وكان عليه أن يحافظ على اشتعالها بتزويدها بالوقود . وإذا انطفأت النيران، كان عليه أن يجمع جذوة جديدة من نيران المواقد الأخرى أو إن لم يكن أمامه شىء كان ينتظر اشتعال نيران جديدة من الصواعق .

وفى سنة ٧٠٠٠ قبل الميلاد، تعلم الإنسان طرق إشعال النيران عندما لم يكن هناك مصادر أخرى للنيران ، وعادة ما كان يقوم بذلك بواسطة حكّ حجرين ببعضهما .

كانت تحدث النيران العادية التى استخدمها الإنسان البدائى نتيجة تفاعل كيميائى لأبخرة تتصاعد تنشأ من مواد عضوية ساخنة كالأخشاب أو الزيت وتتحد مع الأكسجين الموجود فى الهواء، وينتج عن الاتحاد تركز قدر كاف من الحرارة لإشعاع الضوء ، وكانت درجات الحرارة المنبعثة تزيد عن ١,٠٠٠ درجة مئوية .

واستطاع الإنسان باستخدام النيران أن ينتج درجات حرارة تعطى بدورها تأثيرات لا تحدث إلا بوجودها . وعلى سبيل المثال ، يغلى إبريق الماء إذا ما وضع فوق النار بلا شك ، على الرغم من عدم وجود ظاهرة جوية تجعله يغلى . وبواسطة حرارة النار يمكن إنضاج الطعام وتحويل الرمل إلى

زجاج وتحويل الطين إلى قرميد(طوب) وتحويل العديد من الخامات إلى معادن .

وليست نيران الأخشاب الطبيعية بأية حال مثل حرارة النيران الناشئة من مصادر أخرى . وفى العصور الحديثة، استفادت العديد من التفاعلات الكيميائية النشطة من هذا ، حيث يعطى اتحاد غاز الأكسجين والهيدروجين شعلة تصل درجة حرارتها إلى ٢,٨٠٠ درجة مئوية وكذلك يعطى اتحاد الأكسجين والأستيلون درجة حرارة ٣,٣٠٠ درجة مئوية. ويمكن الحصول على درجات حرارة عالية جداً (لفترة قصيرة) هذه الأيام .

وأعطى الجمع ما بين درجات الحرارة العالية والطرق الدقيقة لقياسها (التى تتضمن وسائل أخرى بخلاف الترمومترات) أرقاما دقيقة لدرجات الانصهار العالية .

وفى الظروف العادية، يعتبر الثلج المادة المألوفة الوحيدة التى تنصهر فى درجات الحرارة العادية . بيد أنه فى وقت مبكر من العصور التاريخية، تعلم الإنسان استخدام النيران لتحضير المعادن من الخامات، وفى تلك العملية كان يجرى صهر المعادن .

كان الزئبق أحد المعادن السبعة المعروفة للقدماء الذى يكون سائلاً فعلاً فى درجات الحرارة العادية. وفى حين يكون الرصاص والقصدير صلبًا فى درجة الحرارة العادية فإنه يمكن صهرهما بسهولة وبطرق بدائية تمامًا . ودرجة انصهار القصدير هى ٢٣١,٩ درجة مئوية، بينما درجة انصهار الرصاص هى ٣٢٧,٥ درجة مئوية .

وللفضة والذهب والنحاس درجات انصهار عالية : ٩٦٠,٨ درجة مئوية و١,٠٦٣ درجة مئوية و١,٠٨٣ درجة مئوية على التوالى . وللحديد أعلى درجة انصهار بين جميع المعادن القديمة حيث لا ينصهر إلا عند درجة حرارة ١,٥٣٥ درجة مئوية .

ودرجات الانصهار المذكورة سابقا هى الخاصة بالمعادن النقية. والمعادن التى تمزج ببعضها (السبائك alloys) تنصهر عند درجات حرارة أقل من درجات الحرارة

التى تنصهر عندها المعادن النقية، ولهذا السبب جاء استخدام الحديد بعد فترة متأخرة عن المعادن الأخرى ، على الرغم من أنه أكثر المعادن انتشارا، وأكثرها فائدة كذلك إلى حد بعيد.

ومع ذلك ، استخدم البرونز bronze (وهو سبيكة تتكون من النحاس والقصدير) فى بعض المناطق فى أوائل سنة ٣٦٠٠ ق . م ، وكان أول معدن صلب على درجة عالية من الصلابة يستخدم فى صنع الأدوات والأسلحة. ومن ناحية أخرى، لم يكن الحديد ينصهر بصورة ناجحة حتى حوالى سنة ١٤٠٠ ق. م. بعد أكثر من ألفى سنة . وكانت هناك حاجة إلى درجات حرارة عالية أكبر مما توفرها نيران الأخشاب وتطلب ذلك استخدام الفحم كوقود .

ومنذ زمن طويل، تعتبر الصخور أصعب فى صهرها من المعادن المعروفة. وتنصهر مركبات معروفة من الصخور مثل سيليكات الألومنيوم aluminum silicate وسيليكات الكالسيوم calcium silicate وسيليكات المغنسيوم magnesium silicate عند درجة حرارة تقترب من ٢,٠٠٠ درجة مئوية .

بيد أنه فى العصور الحديثة ، اكتُشفت معادن تنصهر عند درجات حرارة أعلى ؛ فالهفنيوم Hafnium (عنصر فلزى نادر) ينصهر عند درجة حرارة ٢,١٥٠ درجة مئوية وينصهر الرثنيوم ruthenium عند درجة حرارة ٢,٢٥٠ درجة مئوية وينصهر الأيرديوم iridium عند درجة حرارة ٢,٤١٠ درجة مئوية، وينصهر النيوبيوم niobium عند درجة حرارة ٢,٤٦٨ درجة مئوية ، وينصهر الموليبدنيوم molybdenum عند درجة حرارة ٢,٦١٠ درجة مئوية وينصهر التانتاليوم tantalum عند درجة حرارة ٢,٩٩٦ درجة مئوية ٣,٠٠٠ درجة مئوية وينصهر الأوزميوم os-mium عند درجة حرارة ٣,٠٠٠ درجة مئوية وينصهر الرنيوم rhenium عند درجة حرارة ٣,١٨٠ درجة مئوية ، وينصهر التنجستن tungstenعند درجة حرارة ٣,٤١٠ درجة مئوية .

وللتنجستن درجة انصهار أعلى من كل المعادن، ويُعتبر لذلك أحد أسباب استخدامه كفتيلة فى بصيلات الضوء الساطعة، فهو يقاوم درجات الحرارة العالية

المستمرة بصورة أفضل (على أن يحاط التنجستن بغاز مثل الأرجون argon ، لا يتفاعل معه) .

وهناك عنصران ليسا من المعادن لكنهما أيضًا ذوا درجات انصهار عالية، فالبورون Boron ينصهر عند درجة حرارة ٢,٣٠٠ درجة مئوية ويتسامى الكربون car-bon (أى تتحول المادة الصلبة إلى غاز مباشرة بدلاً من انصهارها إلى سائل) عند درجة حرارة أعلى بعض الشيء من ٣,٥٠٠ درجة مئوية. إذن فالكربون دون جميع العناصر يظل صلبًا عند أعلى درجة حرارة .

ويمكن أن تتحد ذرات العناصر المختلفة بطريقة كيميائية لتكوين مركبات ذات درجة انصهار عالية. (وهذه ليست مثل السبائك التى تعتبر خلطات بسيطة وليست مركبات كيميائية.) ونحصل على أعلى درجة انصهار لمركبات بشكل عام من ذرة معدنية فى اتحاد كيميائى مع ذرة غير معدنية مثل البورون أو الكربون أو الأكسجين أو النتروجين . ولكربيد البورون Boron carbide درجة انصهار ٢,٣٥٠ درجة مئوية ، ولنتريد النيوبيوم niobium nitride درجة انصهار ٢,٥٧٣ درجة مئوية، ولأكسيد الكالسيوم calcium oxide درجة انصهار ٢,٥٨٠ درجة مئوية .

وهناك تسعة مركّبات على الأقل من هذه النوعية لها درجة انصهار أعلى من ٣,٠٠٠ درجة مئوية وأربعة مركبات تساوى أو تزيد عن ٣,٥٠٠ درجة مئوية. وينصهر كربيد النيوبيوم عند درجة حرارة ٣,٥٠٠ درجة مئوية، وينصهر كربيد الزركنيوم zir-conium carbide عند ٣,٥٤٠ درجة مئوية، وينصهر كربيد التانتاليوم tantalum car-bide عند ٣,٨٨٠ درجة مئوية، وينصهر كربيد الهفنيوم hafnium carbide عند درجة حرارة ٣,٨٩٠ درجة مئوية .

ويبدو أن كربيد الهفنيوم من بين كل المواد الموجودة ، هو المادة الوحيدة التى تظل صلبة عند درجة حرارة ٣,٨٩٠ درجة مئوية . وفوق درجة الحرارة هذه لا توجد إلا السوائل والغازات .

وبطبيعة الحال، إذا استمرت درجة الحرارة فى الارتفاع فإن السوائل تغلى وتصبح غازات . فالبلاتين Platinum ، على سبيل المثال يغلى عند درجة حرارة أعلى

قليلا من ٤,٣٠٠ درجة مئوية ولا تعتبر درجة الحرارة هذه بأية حال أعلى درجات الحرارة، فالأوزميوم يغلى عند درجة حرارة حوالى ٥,٣٠٠ درجة مئوية، بينما يغلى الرنيوم والتنجستن عند درجة حرارة حوالى ٥,٩٠٠ درجة مئوية .

ويغلى كل من معدن التانتاليوم ومركب كربيد التنجستن عند درجة حرارة حوالى ٦,٠٠٠ درجة مئوية. وتعتبر درجة الحرارة هذه الحد الأقصى المحتمل لأى مادة تحت ظروف كهذه على سطح الأرض . وفوق درجة حرارة ٦,٠٠٠ درجة مئوية تصبح كل المواد غازات .

الكواكب والنجوم

ماذا لو ابتعدنا عن سطح الأرض؟ ماذا عن سطوح العوالم الأخرى ؟

هناك ثلاثة أجرام كبيرة فى مجموعتنا الشمسية قريبة من الشمس مثل الأرض أو أقرب من الأرض إلى الشمس. وتلك الأجرام هى تابعنا القمر وكوكبان داخليان هما عطارد والزهرة .

يدور القمر حول الأرض على مسافة أقل كثيراً(فقط ١/٣٩٠) من المسافة التى يدورها كل من عطارد والزهرة حول الشمس . وهذا يعنى فى الأساس أن القمر يبتعد عن الشمس بنفس المسافة التى تبعدها الأرض عن الشمس، وقد يتوقع المرء أن تكون للقمر نفس درجة الحرارة السطحية،على العموم ، الموجودة على سطح الأرض .

ومع ذلك فللأرض غلاف جوى يحيط بها ويحافظ على الحرارة بحيث لا يكون النهار حاراً ولا يكون الليل بارداً عما لو كان بدون غلاف جوى . ولا يوجد بالقمر غلاف جوى ولذلك فإنه يواجه حدوداً قصوى أعلى من درجة الحرارة السطحية . وهذا يصح تماماً حيث يدور القمر حول الشمس مرة كل ٢٩,٥ يوم . ويظل معرضاً للحرارة الشمسية فى كل دورة من دوراته حول الشمس لفترة زمنية أطول كثيراً من الأرض .

والنتيجة هى أن درجات الحرارة على سطح القمر تكون أكبر من ١٠٠ درجة مئوية عند خط استوائه وهى أعلى بـ ٤٠ درجة مئوية من أية بقعة على سطح الأرض تصلها حرارة الشمس .

وكوكب عطارد أقرب الكواكب إلى الشمس، وخلال دورته يكون فى أقرب نقاطه على مسافة لا تزيد عن ٤٦,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر عن الشمس وهى مسافة لا تزيد عن ٠,٣ من بُعد الأرض عن الشمس. والأكثر من ذلك، لا يوجد بعطارد غلاف جوى ويدور بصورة بطيئة جدا . وتصل أقصى درجة حرارة على سطح عطارد حوالى ٤٢٥ درجة مئوية . فلو كان هناك أى قصدير ورصاص معدنى على سطح عطارد (والذى لا يوجد منه شىء) لكانا قد انصهرا بتأثير الحرارة الكاملة لشمس الظهيرة عند أقرب دنو لعطارد من الشمس .

وعلى الرغم من ذلك، فليست درجة الحرارة على سطح عطارد أعلى درجة حرارة من بين كواكب المجموعة الشمسية .

وتبعد الزهرة ١٠٨,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر عن الشمس وتعتبر أبعد بـ ٢,٣ مرة من المسافة التى يبعدها عطارد عن الشمس (على الرغم من أنها ثلاثة أرباع مسافة الأرض من الشمس) . والأكثر من ذلك، فالزهرة لها غلاف جوى كثيف بدرجة هائلة (أكثر كثافة من الغلاف الجوى للأرض بنحو ٩٠ مرة) وهو ما يجعل درجة الحرارة تتوزع على نحو متساو . ولها أيضا طبقة سحب سميكة تعكس حوالى ثلاثة أرباع أشعة الشمس وتمنعها من الوصول إلى سطح الزهرة. ولكل هذه الأسباب ، يبدو أن سطح الزهرة معتدل نسبيًا – ومن المؤكد أن حرارته السطحية أقل حدة من سطح عطارد .

الأمر ليس كذلك! يتكون ٩٠٪ من الغلاف الجوى للزهرة من ثانى أكسيد الكربون وهى المادة التى تحجز حرارة الشمس وترفع درجة الحرارة عند المناسيب العالية . ونتيجة لذلك ، فدرجة الحرارة السطحية للزهرة فى كل أجزاء الكوكب ليلاً ونهاراً هى حوالى ٤٥٠ درجة مئوية ، وهى أعلى من درجة حرارة عطارد فى أسوأ حالاته . والأكثر من ذلك ، فى حين تبرد بقاع معينة على سطح عطارد بقدر كبير خلال

الليل فلا تبرد أية بقعة على سطح الزهرة بدرجة كبيرة بفضل تأثير معادلة درجة الحرارة للغلاف الجوى الكثيف .

وهناك جرم صغير واحد فقط يجب أن يواجه درجة حرارة سطحية أعلى حتى مما تواجهه الزهرة -على الرغم من أنها تكون على فترات متقطعة وهو الكويكب المسمى إيكاروس **Icarus** ، وهو كتلة من الصخر يصل قطرها حوالى كيلومتر واكتشفها الفلكى الألمانى الأمريكى والتر بيد **Walter Baade** (١٨٩٣ - ١٩٦٠) فى سنة ١٩٤٨ . ويدور إيكاروس حول الشمس مرة كل ١,١٢ سنة ، و يصل بعده عند أقرب مسافة له من الشمس ٢٨,٥٠٠,٠٠٠ كيلومتر فقط ، والتى تعتبر نصف مسافة أدنى اقتراب لعطارد من الشمس .

ومما لا شك فيه، عند تعرض سطح إيكاروس للشمس بدرجة قريبة يجب أن يسخن لفترة على الأقل لدرجة حرارة تصل ٦٥٠ درجة مئوية. وحينئذ يكون سطح إيكاروس ساخنا بدرجة كافية حتى أنه يشع إشعاعا نشطا يكتشف فى صورة ضوء (إذا أمكن للمرء أن يبعد الوهج غير المحتمل للشمس اللافحة). وبمعنى آخر يدفأ سطح إيكاروس لدرجة الحرارة الحمراء الكامدة **dull red-heat** .

وتقترب من حين لآخر مذنبات من الشمس بدرجة أقرب من اقتراب إيكاروس ، ولكن بما أن إيكاروس عبارة عن كتلة من الصخر فيبدو أن المذنبات عبارة عن مواد ثلجية من خليط من الغبار والحصباء (وأحيانًا بها كتل من الصخر) . وعندما تقترب المذنبات من الشمس ، تتبخر بعض المادة الثلجية وينطلق الغبار والحصباء ، ويعمل هذا التبخر على نشوء ضباب حول نواة المذنب تمنعها من الوصول إلى درجة حرارة قد تصلها لولا ذلك الضباب . وعلى ذلك تكون درجة حرارة أى مذنب عند مسافة قريبة من الشمس غير معلومة .

ويجب أن يكون هناك أيضا شهب بين الحين والآخر تقترب بدرجة كبيرة من الشمس لدرجة أنها تتبخر .

وهذا يضعنا أمام أسخن جرم فى المجموعة الشمسية، الشمس ذاتها. ويمكن تحديد درجة حرارة سطح الشمس من طبيعة إشعاعها ، وفقًا لقانون استنبطه لأول

مرة فى سنة ١٨٧٩ الفيزيائى النمساوى جوزيف ستيفان Josef Stefan (١٨٣٥ - ١٨٩٣) .

ويظل سطح الشمس، فى معظم أجزائها عند درجة حرارة حوالى ٥,٥٠٠ درجة مئوية . ودرجة الحرارة تلك أقل من نقطة غليان الرنيوم والتنجستن والتانتاليوم وكربيد التنجستن . بيد أن هذه المواد لا توجد إلا بمقادير ضئيلة ، إن لم يوجد منها على الإطلاق أى شىء فى الشمس ولو وجدت بكمية كافية فى أى مكان لظهرت فى صورة سائل. وليس هناك شك ، إذن ، فى أن سطح الشمس يعتبر سطحًا غازيًا بطبيعته .

وهذا صحيح على الرغم من وجود أماكن على سطح الشمس تتمدد فيها الغازات وتبرد من خلال بعض التأثيرات المحلية (التى لم يتم فهمها بوضوح حتى الآن) حيث تتضمن المجال المغنطيسى للشمس . هذه الغازات الباردة لا تشع بقوة مثل المناطق السطحية بشكل عام ، لذا تبدو داكنة على خلفية برّاقة. ويمكن أن تنخفض درجة الحرارة عند مركز هذه " البقع الشمسية " sunspots إلى حوالى ٣,٧٥٠ درجة مئوية. وفى تلك الظروف ، سوف يظل كربيد التانتاليوم وكربيد الهفنيوم (إن وجد منها شىء بكميات كافية فى أية بقعة شمسية ، والتى بالقطع لا يوجد) فى حالة صلبة .

وهناك نقيض البقع الشمسية. ففى جهة البقع الشمسية تظهر "اندلاعات شمسية" على وشك الانفجار ، وهى انفجارات فجائية من الطاقة تظل لمدة تصل من بضع ثوانٍ إلى ما يقرب من الساعة. وهذه الاندلاعات تلمع بدرجة بيضاء أمام خلفية الشمس البراقة لأنها أكثر سخونة من سطح الشمس بصفة عامة .

وماذا عن النجوم الأخرى ؟ إن الغالبية العظمى من النجوم التى يمكن أن نراها فى السماء إما بالعين المجردة أو بواسطة الأجهزة هى مثل الشمس هى " نجوم متوالية رئيسية "main-sequence stars . وهى نجوم فى ريعان شبابها تشع بانتظام لفترة طويلة من الزمن نظرا لوجود كميات الهيدروجين الوفيرة الذى يستخدم كمادة خام للاندماج النووى الجالب للطاقة .

والنجوم الأكثر ضخامة من الشمس أكثر حرارة من الشمس . والنجوم الأكثر ضخامة في المتوالية الرئيسية لذلك السبب تكون أكثر سخونة ، فقد تصل درجات حرارتها السطحية إلى ٤٠,٠٠٠ درجة مئوية .

المناطق الداخلية

لم نتحدث حتى الآن إلا عن درجات الحرارة على سطوح الأجرام السماوية ، ولا يحتمل أن تكون ودرجة الحرارة السطحية لأى جرم هى أكثر أجزائه سخونة ، ففى العديد من الحالات تكون أكثر أجزائه برودة .

خذ على سبيل المثال الأرض. كلما اتجه المرء لأعلى الغلاف الجوى بعيداً عن سطح الكوكب ، تنخفض كثافة الغلاف الجوى وينخفض كذلك محتوى الحرارة الكلى للغلاف الجوى .

ومع ذلك، فليس من الضرورى أن يناظر الانخفاض فى الكثافة انخفاض فى الحرارة الكلية، فهناك مناطق تنخفض فيها الكثافة بدرجة أكبر من انخفاض المحتوى الحراري، حتى أنه على الرغم من انخفاض الحرارة الكلية ، لا يزال يوجد بالذرات والجزيئات المزيد من الحرارة .

وحتى ارتفاع ١٥٠ كيلومترا فوق السطح، تنخفض درجة حرارة الغلاف الجوى فى حين أعلى من هذا الارتفاع تنخفض الكثافة وتستمر فى الانخفاض بحيث يتزايد إسهام الذرات الفردية والجزيئات بانتظام فى الحرارة الكلية (والتى تتلاشى أيضا ولكن ليس بسرعة كبيرة) .

وعندما نصل إلى ارتفاع ٣٠٠ كيلومتر، تصبح درجة حرارة الكتل الخفيفة من الهواء الموجود ١,٥٠٠ درجة مئوية (ولذلك السبب يمكن أن تحدث ضربات الصواعق درجة حرارة لحظية تصل إلى ٣٠,٠٠٠ درجة مئوية .) .

وهذا يبدو كما لو أن الغلاف الجوى الأعلى على درجة من السخونة تكفى لصهر الحديد، لكن ذلك ليس حقيقياً فى الواقع . وتعنى درجة الحرارة أن شدة حرارة كل ذرة

فردية عالية ، غير أن هناك عدداً قليلاً جداً من الذرات لدرجة أن محتوى الحرارة الكلية منخفض جداً . وبمرور الصاروخ أو سفينة الفضاء بالغلاف الجوى الأعلى تقابل ذرات نشطة جداً ، ولكن يوجد منها عدد قليل حتى أن الحرارة المنقولة منها إلى السفينة لا تصيبها بأضرار .

ويحدث الشيء نفسه فى حالة الشمس لكن بدرجة أكثر حدة بصورة طبيعية. فالغلاف الجوى الأعلى للشمس هو إكليله corona ، الذى لا يُرى عادة إلا أثناء كسوف كلى total eclipse . وتتعاظم درجة حرارة الإكليل حتى تصل إلى ١,٠٠٠,٠٠٠ درجة مئوية، ذلك الواقع الذى اكتشفه فى سنة ١٩٤٢ الفلكى السويدى بنجت إيدلن Bengt Edlen (١٩٠٦–) من طبيعة الإشعاع المنبعث من الإكليل .

ومن المسلَّم به أن أكاليل النجوم الفائقة السخونة أسخن بالنسبة لبعضها البعض وقد تصل إلى درجة حرارة ١٠,٠٠٠,٠٠٠ درجة مئوية.

لا يؤدى الانتقال لأعلى من سطح الأرض أن يكشف المرء فقط عن مناطق ذات درجة حرارة مرتفعة ، فالانتقال إلى أسفل السطح يؤدى إلى الشيء نفسه .

ولنعُد مرة أخرى للأرض .

تكونت المجموعة الشمسية من سحابة من الغاز والغبار الذى تكثف تحت تأثير مجال جاذبيتها، وتكثفت معظم السحابة الأصلية فيما نطلق عليه حاليا الشمس ، غير أن بعضاً من المادة اندمجت فى الأنحاء على هيئة قطع من المادة تجمعت مع بعضها لتكوين الكواكب والتوابع الموجودة حالياً .

واكتسبت المادة المتجمعة طاقة حركة وما إن تصادمت المادة واستقرت (بالنسبة لبعضها البعض) حتى تحولت طاقة الحركة إلى حرارة. وبدأت الأرض والأجرام الأخرى ذات الحجم المتوسط تظهر على هيئة أجرام ساخنة تماماً نتيجة لذلك. وبرد السطح الخارجى بينما ظل الداخل ساخناً .

وظل الداخل ساخنًا لفترة بلايين السنين، حيث عملت الطبقات الباردة الخارجية في البداية كعازل جيد للحرارة ومنعت انسياب الحرارة من الداخل الساخن إلى الفضاء الخارجي بنطف صغيرة نسبيًا . وثانيًا ، أحدث وجود الذرات المشعة من اليورانيوم والثوريوم وبعض أنواع من البوتاسيوم والساماريوم samarium داخل التركيب الصخرى للأرض حرارة عند انشطارها – ليست كبيرة لكنها كافية لموازنة كميات الحرارة الصغيرة المفقودة ، ولذلك السبب ، ظل مركز الأرض ساخنا خلال تاريخها الذى دام طوال ٤,٦٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة ولا يزال ساخنًا حتى اليوم .

ونحن نعرف من خلال خبرتنا بالمناجم أن درجة الحرارة ترتفع درجة واحدة كل ثلاثين مترا كلما توغلنا لأسفل. ومن المحتمل أن يقل هذا المعدل تحت القشرة الأرضية والدثار الأعلى حيث توجد معظم العناصر المشعة. وفى مركز الأرض، وفقا لتقديرات الجيولوجيين ، تصل درجة الحرارة ٤,٠٠٠ درجة مئوية .

وإذا كان الوضع كذلك ، فإن مركز الأرض يكون فى سخونة أبرد الأجزاء الموجودة على سطح الشمس .

ليس فقط مركز الأرض أسخن من كتل الغلاف الجوى العليا (على الرغم من أنها ليست ساخنة مثل وميض الصاعقة) ، لكنه فى حين يعتبر الغلاف الجوى الأعلى خواء تقريبا ، فإن مركز الأرض مكدس بالمادة بشكل كثيف. ولذلك السبب، تصل شدة الحرارة الكلية لمركز الأرض عدة ملايين المرات مثل درجة حرارة الغلاف الجوى الأعلى .

ومن الطبيعى أن توجد أجرام فلكية أخرى ساخنة فى مركزها أيضًا . وعمومًا كلما كان الجرم أكثر ضخامة كان مركزه أكثر سخونة ، حيث يختزن الكثير من طاقته الحركية فى صورة حرارة أثناء عملية تكوينه . والأجرام الكوكبية الوحيدة التى من المتوقع أن تكون أكثر حرارة فى مركزها عن مركز الأرض هى الكواكب الأكثر ضخامة من الأرض ، ويُعرف أربعة فقط من هذه الكواكب : المشترى وزحل وأورانوس ونبتون .

وكوكب المشترى أكبر هذه الكواكب إلى حد بعيد ، ففى حين لا يصل بعد مركز الأرض عن سطحه بأكثر من ٦,٣٧٨ كيلومتراً ، فإن بُعد مركز المشترى عن سطحه يصل إلى ٧١,٦٠٠ كيلومتر (وهو ما يقدر بنحو ١١ مرة مثل الأرض) .

والسطح المرئى من المشترى (وهو بالفعل طبقة من السحاب) بارد ، أكثر برودة من سطح الأرض ، حيث يبعد المشترى عن الشمس خمسة أمثال بعد كوكبنا عن الشمس ولا يستقبل سوى ١/٢٥ من الأشعة التى تستقبلها الأرض . وإذا تصورنا أنفسنا ننغمر أسفل سطح المشترى المرئى فإن درجة الحرارة برغم ذلك ترتفع بسرعة .

وأمدتنا السوابر التى تم إطلاقها إلى المشترى فى حقبة السبعينيات ببعض البيانات التى استخدمناها لإجراء تقديرات معقولة عن درجة الحرارة الداخلية للكوكب العملاق. وفى موضع أسفل بمسافة ١,٠٠٠ كيلومتر من السطح المرئى للمشترى تقترب درجة الحرارة بالفعل من حرارة مركز الأرض ، وعند أعماق أكبر فإنها لا تزال مستمرة فى الارتفاع. وفى مركز المشترى ذاته تصل درجة الحرارة إلى ٥٤,٠٠٠ درجة مئوية، حوالى عشر مرات ارتفاع درجة حرارة سطح الشمس. بيد أن درجة الحرارة هذه ليست عالية بدرجة كافية لبدء الاندماج النووى ، ولذا يظل المشترى كوكبًا وهو ليس من الضخامة لأن يكون حتى أكثر قزامة من النجوم القزمة .

والشمس أضخم من المشترى بنحو ١,٠٤٠ مرة . وعندما تكونت الشمس ، ارتفعت درجات الحرارة فى مركزها بصورة أعلى مما كانت فى حالة المشترى الأكثر صغراً . لقد ارتفعت درجة الحرارة بدرجة كبيرة بالفعل ، لبدء الاندماج النووى . ورفعت الحرارة التى نجمت من الاندماج درجة الحرارة بصورة أعلى .

وفى بداية العشرينيات، استطاع الفلكى الإنجليزى أرثر ستانلى إدنجتون Arthur Stanley Eddington (١٨٨٢ – ١٩٤٤) أن يوضح ،من خلال تحليل لكمية الحرارة المطلوبة لحفظ الشمس من الانهيار تحت وطأة جاذبيتها، أن درجة الحرارة المركزية للشمس لا بد أن تكون ١٥,٠٠٠,٠٠٠ درجة مئوية .

وهذه هى المنطقة الأكثر سخونة المكتظة بالمادة فى المجموعة الشمسية . وقد اكتشف حديثاً وجود مناطق بجوار المشترى وزحل لا تزال أكثر سخونة ، وترجح كل

الاحتمالات تأثير المجالات المغناطيسية الضخمة لتلك الكواكب . ومع ذلك فإن العدد الكلي للذرات (على الرغم من أنها نشطة) صغير لدرجة أن الحرارة الكلية ليست كبيرة . وعلاوة على ذلك ، فإن الذرات تتباعد عن بعضها بحيث لا تستطيع أن تضرب إحداها الأخرى حتى تكفى للحفاظ على تفاعل نووى مع أنها نشطة من الناحية النظرية بصورة قوية لتقوم بذلك .

ومن الغرابة بمكان أن يستطيع البشر حاليا إنتاج درجات حرارة أعلى.

منذ الخمسينيات ، كانت هناك محاولات لإنتاج اندماج محكم **controlled fusion** كمصدر للطاقة هنا على الأرض. ولذلك الغرض ، يجب تسخين كميات صغيرة من الهيدروجين إلى درجات حرارة عالية جداً، درجات حرارة أعلى من تلك الموجودة فى مركز الشمس .

وفى حين تكفى درجة حرارة ١٥,٠٠٠,٠٠٠ درجة مئوية لاستمرار الاندماج فى مركز الشمس لأن المادة ليست ساخنة جدا فقط بل كثيفة جدا ، وفى حين تحافظ الجاذبية العظيمة للشمس على الكثافة فإن الأمور تختلف على الأرض . فهنا على الأرض ، لا يمكننا الاحتفاظ بكثافة الهيدروجين خلال مجال جاذبية شديد ، وإذ كان يجب التعامل مع الهيدروجين فى حالة أقل كثافة ، فلابد أن ترتفع درجة الحرارة أكثر لكى تعوض كثافة الهيدروجين الأقل .

يستطيع البشر إنتاج ذرات نشطة بدرجة فائقة (والتى تكون مكافئة لإنتاج درجات حرارة عالية جداً) عن طريق تعجيلها فى أجهزة مختلفة تستغل المجالات الكهرومغناطيسية ، أو بتسخينها بصورة مفاجئة بواسطة حزم قوية من ضوء الليزر . وبهذه الطريقة ، نتجت درجات حرارة أكثر من ٥٠,٠٠٠,٠٠٠ درجة مئوية بكميات صغيرة جداً من الهيدروجين لفترات صغيرة جداً من الزمن . وفى أثناء إعداد الكتاب ، لا تزال درجات الحرارة غير مرتفعة بدرجة تكفى لإحداث اندماج محكم .

ومع ذلك ، كان بدء الاندماج غير المحكم فى صورة قنابل هيدروجينية **hydrogen bombs** عن طريق قدح قنبلة انشطار **fission bomb** من اليورانيوم حقيقة طوال

الثلاثين عاماً الماضية . وفى مركز قنبلة هيدروجينية ، يقدر أن تصل درجة الحرارة إلى ٤٠٠,٠٠٠,٠٠٠ درجة مئوية لمدة زمنية وجيزة .

وهكذا فقد فاقت درجات الحرارة التى أوجدها الإنسان أى شىء يمكن أن تقوم به الطبيعة فى المجموعة الشمسية، فى حين أن ما توصلنا إليه لا يتناسب مع ما تحدثه الطبيعة فيما وراء المجموعة الشمسية .

كلما كان نجماً أكثر ضخامة كان سطحه أكثر سخونة وفى كل مراحله حتى القلب . ونتوقع نتيجة لذلك أن يكون لنجم فى غاية الضخامة درجة حرارة مركزية أعلى كثيراً من الموجودة فى مركز الشمس . وعلاوة على ذلك، تميل كل النجوم لأن تصبح أكثر حرارة عند القلب أثناء تطورها.

منذ سنوات مضت، حاول الفيزيائى هونج - يى شيو Hung-Yee Chiu أن يحسب درجة الحرارة القصوى الموجودة فى مركز نجم. وقد افترض أن درجة حرارة ٦,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ درجة مئوية ستكون أسخن درجة حرارة يمكن أن نتوقع وجودها فى النجوم. وأن درجة الحرارة فى قلب نجم ستكون أكثر ضخامة من الشمس، فى الوقت الذى قد وصل فيه هذا النجم الضخم مرحلة فى دورة حياته بحيث يصبح مستعدا للانفجار فى صورة "سوبرنوفا" supernova هائلة .

ومع ذلك فحتى درجة حرارة ٦,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ درجة مئوية لا تمثل الحد الأقصى لدرجة الحرارة. افترض أننا عدنا بالزمن للوراء حتى مولد الكون خلال الانفجار العظيم big bang .

وإذا ما تخيلنا أننا نعود بالزمن أكثر للوراء،كان حجم الكون أصغر وكان محتوى طاقته أكثر تكتلاً (والذى يظل ثابتا،مع الزمن) . وكان كل متر مكعب من الكون يحتوى على المزيد والمزيد من الطاقة،نتيجة لذلك ، كلما تخيلنا أنفسنا نعود بالزمن للوراء. وهذا يعنى أن الكون يزداد سخونة وسخونة كلما رجعنا بالزمن للوراء .

والنظريات الحالية (إن كانت صحيحة ، وهذا غير مؤكد بأية طريقة من الطرق) تجعل أنه يبدو أننا نستطيع فهم الأحداث التى وقعت فى جزء صغير جداً من الثانية

بعد الانفجار العظيم. وعلى سبيل المثال، عند ١/١,٠٠٠ من الثانية بعد الانفجار العظيم ، يبدو أن النيوترونات والبروتونات قد تكونت من جزيئات أساسية وهى " الكواركات " quarks . وفى تلك الفترة، لابد أن درجة الحرارة بلغت ١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ درجة مئوية (تريليون درجة مئوية) .

واللحظة الأقرب للفيزيائيين التى يستطيعون فيها إجراء حساباتهم هى ١٠-٤٣ من الثانية، فربما وصلت درجة الحرارة فى هذه اللحظة ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ درجة مئوية (مائة مليون تريليون تريليون درجة مئوية) .

وكلما أصبحنا أكثر اقتراباً من لحظة الانفجار العظيم فإن حجم الكون يصل تقريباً إلى صفر الحجم ، وترتفع درجة حرارته إلى درجة تفوق التصور .

الفصل الثانى والعشرون

درجات الحرارة المنخفضة

السطوح الكوكبية

بعد أن وصلنا إلى درجات حرارة مرتفعة بدرجة تفوق التصور ، دعنا نعود إلى درجات الحرارة العادية التى نعايشها على سطح الأرض ونسأل إلى أى مدى يمكن أن نصل ؟ وإلى أى مدى وصلنا فى الاتجاه الآخر نحو البرد ذاته ؟

يواجه الناس الذين يعيشون خارج المناطق الاستوائية طقسًا باردًا فى الشتاء وإذا كانوا يعيشون فى مناطق الشمال أو على ارتفاعات كبيرة فيجدون أن درجات الحرارة تحت الصفر المئوى ليست غريبة عليهم. وفى تلك الحالة، يتحول المقياس السلسيوسى celsius إلى الأرقام السالبة. فالماء يتجمد عند درجة الصفر المئوى مع ذلك ، وأى شىء أبرد من ذلك يجب أن يكون سالبًا (تحت الصفر) .

يضع المقياس الفهرنهيتى نقطة تجمد الماء عند درجة ٣٢° ف ، ولذلك يظل الرقم موجبا لـ ٣٢ درجة فهرنهيتية أسفل التجمد . ولما كانت ٣٢ درجة فهرنهيتية تقابل ٧/٩ ٧١ درجة سلسيوسية ، فإن درجة الصفر الفهرنهيتى تقابل تقريبًا -١٨° مئوية . وهذا ليس بكاف ليجنبنا الأرقام السالبة ، فقد يأخذنا طقس الشتاء إلى أرقام سالبة على المقياس الفهرنهيتى أيضًا .

وعلى سبيل المثال ، سجل مكتب الطقس فى ٩ فبراير سنة ١٩٣٤ أبرد يوم فى مدينة نيويورك وصلت فيه درجة الحرارة إلى ٢٦° (مئوية تحت الصفر) ، وهى تقابل ١٥° ف ، ولا تعتبر مدينة نيويورك أبرد المدن فى العالم ، وفى نفس

ذلك اليوم ، وصلت درجة الحرارة بروشستر بنيويورك إلى أقل من ٣٣,٣° (مئوية تحت الصفر) .

وكانت أقل درجة حرارة مسجلة في بعض الأماكن في الولايات الثمانية والأربعين المتجاورة في روجرز باس Rogers Pass بولاية مونتانا هي ٥٦,٥° مئوية تحت الصفر ، في ٢٠ يناير ١٩٥٤ . ومن الطبيعي أن نتوقع أن تكون درجة الحرارة في ألاسكا أكثر انخفاضًا من ذلك ، حيث سجلت درجة حرارة في بروسبكت كريك كامب Prospect Creek Camp في ألاسكا ، ٦٢° مئوية تحت الصفر، في ٢٣ يناير ١٩٧١ .

وأيضا لا تعتبر ألاسكا أبرد مناطق العالم، فسيبيريا أبرد، وقد وصلت درجة الحرارة في مدن فرهويانسك Verkhoyansk وأويمايكون Oymyakon في سيبيريا إلى ٦٨° مئوية تحت الصفر، وكانت آخر مرة في أويمياكون في ٦ فبراير ١٩٣٣ . ويعتبر هذا رقمًا قياسيًا لانخفاض درجات الحرارة في نصف الكرة الشمالي .

تقع القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) Antarctica في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية وتعتبر ثلاجة العالم . ويوجد للاتحاد السوفييتي مرصد لرصد الطقس في منطقة تسمى فوستوك Vostok ، التي تعتبر أبعد منطقة برية، ولذلك السبب يتوقع أن تكون الأشد برودة . وفي ٢٤ أغسطس سنة ١٩٦٠(شهرا يوليو وأغسطس يعتبران أبرد شهور نصف الكرة الجنوبي) وصلت درجة الحرارة ٨٨° مئوية تحت الصفر التي تعتبر أبرد درجة حرارة طبيعية سجلت في أية بقعة على سطح الأرض .

ومن الأفضل أن نتخلص من درجات الحرارة السالبة، إن استطعنا، وكما حدث أن استطعنا . ففي سنة ١٦٩٩، اكتشف الفيزيائي الفرنسي جيوليم أمونتون Guillaume Amotons (١٦٦٣ - ١٧٠٥) أن الغازات تتكمش بمعدل منتظم كلما انخفضت درجة الحرارة ، واستطاع بالطبع أن يصل فقط إلى درجة حرارة منخفضة نسبيا نظرا لحالة الأجهزة في زمانه، لكنه حسب أنه إذا استمر الغاز في الانكماش بمعدل منتظم فسوف يصل إلى حجم صفر ، تقريبًا وهو ما نسميه حاليًا ٢٤٠° (مئوية تحت الصفر . وقد استخف بعمله هذا بدرجة كبيرة .

ومع ذلك ففي سنة ١٨٠٢، كرر الكيميائي الفرنسي جوزيف لويس جاي - لوساك Joseph Louis Gay-Lussac (١٧٧٣ - ١٨٥٠) تجارب أمونتون بصورة أكثر دقة ووجد أن الغازات تنكمش بمعدل يوصلها إلى صفر الحجم عند درجة حرارة ٢٧٠° مئوية تحت الصفر ، ويمكن تحديد القيمة الحالية أيضا عند ٢٧٣,١٥° مئوية تحت الصفر .

وبطبيعة الحال، لا يتوقع المرء أن تصل الغازات بالفعل إلى الحجم صفر وتختفى عند ٢٧٣,١٥° مئوية تحت الصفر ، أو عند أى درجة حرارة. فعندما تنخفض درجة الحرارة تقترب الذرات أو الجزيئات من بعضها البعض إلى أن تسيل الغازات فى النهاية . وفى ذلك الوقت، تتلامس الذرات أو الجزيئات وينكمش السائل بدرجة طفيفة فقط كلما برد أكثر. وعلى ذلك لا يوجد إذن "صفر حجم" يربك العقل ، ويبدو أن درجة الحرارة يمكن أن تستمر فى الانخفاض بصورة لانهائية .

ومن وجهة أخرى، فى سنة ١٨٤٨ أوضح الفيزيائى الأسكتلندى وليام طومسون William Thomson (١٨٢٤ - ١٩٠٧) الذى لقب فى أواخر حياته بلقب لورد كلفن Lord Kelvin ، أن ذرات أو جزيئات كل المواد سواء كانت غازات أم لا تفقد طاقة حركة بمعدل ثابت عندما تنخفض درجة الحرارة. وفى الغازات، يتضح هذا فى صورة انكماش ثابت لكنه لم يكن بالشىء المهم . فقد كان فقد الطاقة هو المهم. عند درجة حرارة ٢٧٣,١٥° مئوية تحت الصفر يصل محتوى الطاقة إلى صفر ، ولا يمكن أن تنخفض درجة الحرارة أكثر من ذلك. كانت درجة الحرارة التى تكافئ -٤٥٩,٦٧° (ف) هذه هى درجة "الصفر المطلق"absolute zero .

ولذلك السبب، يوجد "مقياس مطلق" لدرجة الحرارة لا تكون فيه القيم سالبة. ولكى نحول المقياس السلسيوسى إلى مقياس مطلق ، فيجب أن نضيف ٢٧٣ إلى القراءة السلسيوسية (وغالبا ما تهمل العلامات العشرية) .

وهكذا، فحرارة جسم الإنسان ٣٧° مئوية تصبح ٣١٠° ك ، حيث ك ترمز إلى كلفن. وبالمثل، فأقل درجة حرارة سجلت لمدينة نيويورك -٢٦° مئوية تصبح ٢٤٧° ك ، وأدنى قيمة عالمية مسجلة لدرجة الحرارة فى فوستوك فى أنتاركتيكا هى ١٨٥° ك .

ويواجه القمر الذى يصبح حاراً جداً فى الجزء المعرض من سطحه لأشعة الشمس انخفاضا سريعاً فى درجة الحرارة عندما ينتقل هذا السطح إلى ظل الليل ، حيث لا يوجد غلاف جوى يحبس الحرارة. وتظل نقطة معينة على سطح القمر فترة ليل طوال أسبوعين ، ولذلك السبب تصبح درجة حرارة القمر قبيل الفجر مباشرة أقل من ١٠٠ ك ، التى تعتبر أسوأ كثيراً من درجة الحرارة على سطح الأنتاركتيكا .

وعطارد الذى يُعتَبر أقرب كثيراً إلى الشمس من القمر، والذى يمكن أن يتلقى سطحه درجات حرارة أعلى كثيراً أثناء النهار ، يواجه ليلا يكون أطول ست مرات مما يواجهه القمر، ولذا تنخفض درجة حرارته بدرجة أقل على الرغم من قربه من الشمس . وقبيل أن تشرق الشمس فوق الأفق على عطارد العملاق ، يمكن أن تصل درجة الحرارة على سطحه ٩٠° ك .

والمريخ ، الذى يُعتَبر أكثر بُعداً من الأرض عن الشمس ، له ليلٌ يظل قرابة بضع دقائق أطول من الأرض لا يحصل على درجات الحرارة المنخفضة مثل القمر وعطارد. وربما تكون أقل درجة حرارة فى المريخ ١٢٠° ك ، والتى هى رغما عن ذلك . أبرد من الأنتاركتيكا (القارة القطبية الجنوبية) .

درجة الحرارة المنخفضة هذه للمريخ تستقبلها الأنهار الجليدية القطبية الجنوبية . وقمة طبقة السحب التى تعمل كسطح مرئى للمشترى وزحل تظهر درجات حرارة فى نفس تلك المنطقة، ليست كرقم قياسى منخفض ، ولكن كدرجات حرارة متوسطة للكوكب كله .

وللأسطح المرئية للكواكب الأبعد من الشمس درجات حرارة منخفضة كما هو متوقع ، حيث ينخفض تأثير تسخين الشمس تبعًا لمربع المسافة . ويبعد أورانوس عن الشمس بنحو أربعين مرة من مثل بُعد الأرض عن الشمس ، ويبعد نبتون بنحو ثلاثين مرة . ولذلك السبب لا يحصل أورانوس إلا على ١/٤٠٠ من الدفء الذى نتلقاه من الشمس ويحصل نبتون على ١/٩٠٠ من الدفء الذى نتلقاه من الشمس .

ومما لا يثير الدهشة ، إذن ،أن تصل درجات حرارة سطح أورانوس المرئى حوالى ٩٠° ك ، ونبتون حوالى ٦٠° ك .

وبلوتو، الذى يعتبر أبعد الكواكب عن الشمس قد تصل درجات حرارة على سطحه ٤٠ْ ك ، عندما يكون فى ذلك الجزء من مداره الذى يجعله أبعد ما يكون عن الشمس .

إسالة الغازات

وحتى عند درجات الحرارة المنخفضة التى تتلقاها الأرض بصورة طبيعية تحدث بعض التغيرات غير العادية . وعلى سبيل المثال ، فعند درجة حرارة ٢٣٣ْ ك (-٤٠ْ مئوية) يتجمد الزئبق ويتحول إلى مادة صلبة .

وأيضا ، فالقصدير فى صورته العادية يسمى "قصدير أبيض" white tin وبعد ذلك يصبح معدنا. بيد أنه فى درجات الحرارة المنخفضة تعيد ذراته ترتيب نفسها لتكوّن مادة تسمى "قصدير رمادى "gray tin ، لا يكون لها خصائص فلزية. ونقطة التحول هى ٢٨٦ْ ك (١٣ْ مئوية) ، والتى هى ليست سوى درجة حرارة نهار ربيع لطيف فى نيويورك ، لكنه عند درجة الحرارة هذه يكون الانتقال من القصدير الأبيض إلى القصدير الرمادى بطيئًا للغاية .

ومع ذلك، فكلما صارت درجة الحرارة أقل كان التحول أكثر سرعة. وعند درجة حرارة ٢٢٣ْ ك (- ٥٠ْ مئوية) يتفتت القصدير الأبيض بسرعة. وقد كان الناس يطلقون على هذه الحالة "مرض القصدير" tin disese لأنهم كانوا مندهشين لما يحدث . وقد أصبحت الحالة شائعة ذات مرة، عندما انهارت أنابيب الأرغن المصنوعة من القصدير فى كاتدرائية القديس بطرسبرج فى زمهرير شتاء روسى .

كان العلماء متأكدين من أنه سيظهر تأثير مروّع آخر لدرجات الحرارة المنخفضة عند إسالة المواد التى كانت عادة فى حالة غازية - حتى وإن لم تحدث هذه الإسالة فى الطبيعة .

والغازات الرئيسية فى الغلاف الجوى هى الغازات التى لا توجد إلا بصورة طبيعية بكمية ولا تسيل مهما كانت درجة حرارة الجو -حتى فى الأنتاركتيكا .

ومع ذلك ، يستطيع الكيميائيون إنتاج غازات لا توجد بوفرة فى الطبيعة ، وقد تسيل تلك الغازات إذا كانت درجة الحرارة أقل ، حتى وإن كان هذا التخفيض لا يتماشى مع غازات مثل الأكسجين والنتروجين . بعد ذلك ، أيضا قد يفيد الضغط حيث يضغط جزيئات الغاز من بعضها وربما تُستحث عملية الإسالة .

وكان أول من شرع فى عملية إسالة الغازات بشكل منتظم الكيميائى الإنجليزى مايكل فارادى Michael Faraday (١٧٩١ - ١٨٦٧) .

استخدم فارادى أنبوبة زجاجية قوية على شكل البمرنج (معقوف) ، ووضع فى القاع المغلق مادة عندما كان يجرى تسخينها ينطلق غاز الكلور . بعد ذلك أغلق طرف الأنبوبة المفتوح بإحكام .

وضع طرف الأنبوبة الذى به المادة المنتجة للكلور فى ماء ساخن ووضع الطرف الآخر فى ثلج مجروش . أنتج الكلور بكميات أكبر وأكبر عند الطرف الساخن ، ولذا أصبح الكلور داخل الأنبوبة المغلقة تحت ضغطه المتزايد. وعند الطرف البارد كانت تنخفض درجة حرارته . وفى ظل درجة الحرارة المتناقصة والضغط المتزايد أنتج الكلور السائل عند ذلك الطرف البارد فى سنة ١٨٢٣ .

وأوضحت هذه التجربة المبدأ لكنها لم تبرز أفقًا جديداً . وبمجرد أن تم الحصول على الكلور السائل أمكن قياس نقطة غليانه واتضح أنها عند درجة حرارة ٢٣٨,٥° ك (٣٤,٥° مئوية) . وإذا تمكن المرء من إغلاق وعاء غاز كلور فسيكفى لإسالته يوم شتاء بارد جدا فى موسكو أو مونتانا .

ويمكن استخدام الغازات المسالة فى تخفيض درجات الحرارة بدرجة أكبر . افترض أن غازا تمت إسالته تحت ضغط ، فإذا ما تم تقليل الضغط بعد ذلك ببطء فإن الغاز المسيل يبدأ فى التبخر . وهذا يعنى أن جزيئات السائل يجب أن تبتعد عن بعضها لتكوين البخار ولكى تقوم بذلك يجب أن تكتسب طاقة. وإذا ما حفظ السائل فى تجويف معزول فيمكن الحصول على القليل من هذه الطاقة من الجو . ولابد بدلا من ذلك أن تكتسب من المادة الوحيدة الممكن الوصول إليها وهى السائل نفسه . وعندما يتبخر السائل ، عندئذ تنخفض درجة حرارة ذلك الجزء الذى ظل دون تبخر .

فى سنة ١٨٣٥، استخدم الكيميائى الفرنسى سى.إس.أ ثيلورير **Thilorier** طريقة فارادى لتحضير ثانى أكسيد الكربون السائل تحت ضغط مستخدمًا أسطوانات معدنية تتحمل ضغوطًا أكبر مما تتحمله الأنابيب الزجاجية . وقام بتحضير ثانى أكسيد الكربون السائل بكميات كبيرة ، وبعد ذلك سمح له بالهروب من الأنبوبة خلال فتحة ضيقة . وعمل الانطلاق السريع للضغط على تبخير بعض السائل الخارج وخفّض درجة حرارة بقية السائل بشدة لدرجة أن تجمد ثانى أكسيد الكربون .

ولا يستقر ثانى أكسيد الكربون السائل إلا تحت ضغط. ويتسامى ثانى أكسيد الكربون الصلب المعرض إلى ضغوط عادية إذ يتبخر إلى الصور الغازية مباشرة دون انصهار . (وهذا هو سبب تسمية ثانى أكسيد الكربون " الثلج الجاف " **dry ice**) . ونقطة التسامى هى ١٩٤,٥° ك . وهذا يعنى أنه فى الليالى الشديدة البرودة فى المنطقة الشديدة البرودة من الأنتاركتيكا، تتجمد كمية من غاز ثانى أكسيد الكربون ولكن بقدر ضئيل .

ذهب ثيلورير إلى ما أبعد من ذلك حينما قام بمزج ثانى أكسيد الكربون الصلب مع أثير ثنائى الأسيل (المخدر المعروف) ، الذى يظل سائلا حتى عند درجات حرارة ثانى أكسيد الكربون الصلب. ومع ذلك فحتى عند درجة الحرارة المنخفضة هذه يميل أثير ثنائى الأسيل إلى التبخر ، معه أنه بدرجة أكثر بطئًا عن تبخره فى درجات الحرارة العادية. وعندما يتبخر، فإن درجة الخليط تنخفض أكثر. واستطاع ثيلورير الوصول إلى درجات حرارة منخفضة تصل إلى ١٦٣° ك . ووجدت درجات حرارة أكثر انخفاضًا من درجات الحرارة الموجودة فى أنتاركتيكا ، ولأول مرة ، كانت أدنى درجات الحرارة على الأرض يصنعها إنسان .

وباستغلال هذا الخليط البارد على الخصوص ، فقد تم تسييل غازات أخرى – ولكن ليس كلها !

وجد فارادى عدد من الغازات لم يستطع تسييلها حتى مع هذا العامل المبرد بالإضافة إلى الضغط وأطلق عليها "الغازات الدائمة " **permanent gases** . وبعد زمن

فارادى ، اكتشفت عدة غازات أخرى كان سيضيفها فارادى إلى القائمة لو أتيحت له الفرصة ليعرفها ويدرسها .

هناك ما مجموعه ثمانية غازات لا يمكن إسالتها عند درجة حرارة ١٦٣° ك حتى مع الضغط . وتلك الغازات هى : الأكسجين الأرجون والفلور وأول أكسيد الكربون والنتروجين والنيون والهيدروجين والهليوم . ومن هذه الغازات سبعة منها عناصر . والمركب الوحيد هو أول أكسيد الكربون وتتكون جزيئاته من ذرة كربون وذرة أكسجين .

فى سنة ١٨٦٩، أوضح الكيميائى الأيرلندى توماس أندروز **Thomas Andrews** (١٨١٣ – ١٨٨٥) أن الضغط يسيل الغازات فقط تحت "درجة حرارة حرجة " معينة وفوق درجة الحرارة الحرجة هذه لا يفيد الضغط . وكانت الغازات الدائمة الثمانية هى تلك الغازات ذات درجات الحرارة الحرجة تحت ١٦٣° ك . وحتى يتم تسييل هذه الغازات كان مطلوب إيجاد إحدى الطرق لتبريدها لدرجات حرارتها الحرجة أو أقل منها قبل أن يستخدم الضغط بصورة مفيدة .

تحول العلماء أيضًا إلى التبريد عن طريق التمدد. ولم يطبق هذا المبدأ إلا على تبخر سائل بارد. فإذا سمح لغاز بالتمدد تحت ظروف بحيث لا تتسرب الحرارة من الخارج فإنه يبرد أيضا. وكان هذا معروفًا بـ "أثر جول – طومسون"[1] **Joule-Thomas effect** لأن الذى قام باستنباطه طومسون (اللورد كلفن) بالتعاون مع صديقه الإنجليزى الفيزيائى جيمس سكوت جول (١٨١٨ – ١٨٨٩) .

وكان أول من حاول استخدام أثر جول – طومسون للحصول على قيم منخفضة من درجات الحرارة هو الفيزيائى الفرنسى لويس بول كليتيت **Louis Paul Cailletet** (١٨٣٢ – ١٩١٣) فى سنة ١٨٧٧ .

وقد بدأ بأكسجين مضغوط بدرجة قوية فى وعاء معزول . وهذا يعنى أن الغاز سيصبح ساخنا على عكس أثر جول – طومسون . بعد ذلك غمر الأنبوبة المحتوية على الأكسجين المضغوط فى ماء بارد لاستخراج ونقل الحرارة بأكبر قدر ممكن . بعد ذلك سمح للأكسجين البارد بالتمدد بسرعة كبيرة. وانخفضت درجة حرارته بدرجة ملحوظة

واستطاع كليتيت فى النهاية تبريد الأكسجين إلى الدرجة التى حصل فيها على ضباب يتكون من قطرات سائلة على جدران الوعاء . وكانت هذه القطرات هى الأكسجين السائل . ومن الطبيعى أن اختفى الضباب بسرعة عندما تسربت الحرارة ببطء داخل الأنبوبة ، لكنها كانت موجودة .

وقد استطاع فيما بعد أن يقوم بالشىء نفسه مع النتروجين وأول أكسيد الكربون ، الذى يحتاج لإسالته أيضا درجة حرارة أكثر انخفاضا عما يحتاجه الأكسجين .

والكيميائى السويسرى راؤول بيير بكتيت Raoul Pierre Pictet (١٨٤٢ - ١٩٢٩) هو الكيميائى الذى أجرى تجاربه فى الوقت نفسه الذى عمل فيه كالتيت ، ولكن بصورة مستقلة وقد أحدث أيضًا الأثر المطلوب .

فقد استخدم طريقة مختلفة بعض الشىء ، إذ برّد الأكسجين المضغوط مع ثانى أكسيد كربون سائل. وقد استطاع الحصول على أكسجين عند ضغط عدة مئات من الضغط الجوى ودرجة حرارة ١٣٢ْ ك ، كانت أقل تمامًا من درجة حرارته الحرجة. وعندما فتح صمام هروب الأنبوبة المحتوية على الأكسجين هرب الأكسجين المضغوط وتمدد بسرعة بحيث انخفضت درجة الحرارة لدرجة أن انبجس تيار من الأكسجين السائل بقوة وتبخر بطبيعة الحال بسرعة .

فى سنة ١٨٨٣ ، أدخل كيميائيان بولنديان هما كارول .س.أولزويسكى Olszewski (١٨٤٦ - ١٩١٥) وزيجـــمنت .ف.روبلويسكى Wroblewski (١٨٤٥ - ١٨٨٨) إضافات على طرق الباحثين الأوائل واستطاعا إنتاج أكسجين سائل بكميات كبيرة. وقد أحاطا الأنابيب المحتوية على الأكسجين السائل بسوائل أخرى كانت على درجة من البرودة من أجل تقليل معدل التبخر. ونتيجة لذلك، استطاعا لأول مرة تجميع الصور السائلة للغازات التى لم تعد دائمة ودراستها على مهل .

ومضى أولزويسكى (بعد وفاة روبلويسكى فى حادثة بالمعمل) فى تحضير نتروجين سائل وأول أكسيد كربون سائل بكميات كبيرة. ولم يتم عزل الأرجون والفلور بعد ، ولكن عندما تم عزلهما أمكن استخدام نفس الطرق لإسالتهما .

وقد اتضح أن درجة غليان الأكسجين هى ٩٠,٢° ك ، و درجة غليان الأرجون هى ٨٧,٥° ك و درجة غليان الفلور هى ٨٥,١° ك ، ودرجة غليان أول أكسيد الكربون هى ٨١,٦° ك ، ودرجة غليان النتروجين هى ٧٧,٣° ك .

وبهذه الغازات المسالة وصل العلماء إلى درجات حرارة مميزة للسطوح المرئية لكواكب خارجية مثل أورانوس. وقد اكتُشف فى سنة ١٩٨١، أن لتيتان Titan أكبر أقمار المريخ جواً كثيفًا يتكون أساسًا من النتروجين، وهناك شعور عام بوجود بحيرات وأنهار- من النتروجين السائل على سطحه.

(عند درجة حرارة النتروجين السائل ، فى الواقع، فإن أحداً مما يسمى بالغازات الدائمة يمكن أن تتجمد بالفعل . ودرجة تجمد الأرجون السائل هى ٨٣,٩° ك .) .

وبحلول عام ١٩٨٥ كانت الغازات التى ظلت دون إسالة هى النيون والهيدروجين والهليوم، ومن بين هذه الغازات فإن النيون والهليوم لم يكتشفا بعد (على الرغم من أنهما قد يكتشفان خلال السنوات الثلاث التالية) .

بعد ذلك ، كان المشروع الكبير التالى هو دراسة الهيدروجين .

وكما فى حالة الضغط، فإن أثر جول - طومسون لم ينجح مع الغازات المسالة إلى أن يصل الغاز الخاص الجارى البحث عنه إلى مرحلة من البرودة . وبالنسبة لجميع الغازات ما عدا النيون والهيدروجين والهليوم ، لم يكن من الصعب الوصول إلى النقطة التى يحدث فيها أثر جول - طومسون . وفى الواقع، كانت درجة حرارة الغرفة باردة بما يكفى لاستبقاء جميع الغازات الأخرى .

لم يكن الأمر كذلك بالنسبة للهيدروجين .، فلم ينجح أثر جول - طومسون مع الهيدروجين إلى أن تم تبريده إلى ٩١٠ ك. وكان يجب أن يفهم هذا قبل تسييل الهيدروجين ، وكان أول من يقوم بذلك الكيميائى الأسكتلندى جيمس ديوار James Dewar (١٨٤٢ - ١٩٢٣) .

بداية ، قام ديوار بتبريد الهيدروجين بغمر الوعاء المحتوى على هذا الغاز فى حمام من النتروجين السائل . وعندما أصبح الهيدروجين تحت ١٩٠° ك ، لكنه لا يزال

غازيًا بدأ دوار عملية الانكماش والتمدد، وبهذه الطريقة أنتج فى النهاية هيدروجينا سائلاً . وقد اتضح أن درجة غليان الهيدروجين السائل ٢٠,٣° ك .

ويعنى إنتاج الهيدروجين السائل أن العلماء على الأرض نجحوا فى النهاية فى العمل مع درجة حرارة أقل من أية درجة حرارة موجودة فى المجموعة الشمسية. ودرجة الحرارة السطحية حتى على بلوتو البعيد على مسافته الأكثر بُعدًا تعتبر عالية بقدر كاف، بفضل أشعة الشمس الواهنة التى تصل منه الشمس التى تبعد عنه ٧,٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر ، لجعل أى نيون وهيدروجين (إن وجدا) فى الحالة الغازية .

ويقينًا ، يبدو أن المشترى وربما الكواكب الأخرى العملاقة تتكون من هيدروجين على درجة من الكثافة بحيث تكون له خواص السائل ، لكن ذلك الهيدروجين السائل يكون تحت ضغوط عديدة وعند درجات حرارة ساخنة بيضاء. ولا يوجد هيدروجين سائل فى أى مكان فى المجموعة الشمسية المعروفة يكون سائلا خلال درجة الحرارة المنخفضة وحدها وتحت ضغط قليل أو منعدم - فيما عدا أوعية على سطح الأرض .

وعند درجات حرارة الهيدروجين السائل تصبح جميع المواد الأخرى (غير مادة واحدة) مواد صلبة. وكان الأكسجين من هذه الغازات التى سُيِّلت فى الربع الأخير من القرن التاسع عشر الذى له نقطة تجمد ٥٤,٧° ك ، والأرجون نقطة تجمد ٨٣,٩° ك ، والفلور نقطة تجمد ٥٣,٤° ك ، وأول أكسيد الكربون نقطة تجمد ٧٤° ك ، والنتروجين نقطة تجمد ٦٣,٣° ك والنيون نقطة تجمد ٢٤,٥° ك .

والمادة السائلة الوحيدة عند ٢٥° ك هى الهيدروجين ذاته ، والغاز الوحيد هو الهليوم .

وإذا ما سمح للهيدروجين السائل بأن يتبخر تحت ظروف لا تسمح بوصول الحرارة من الخارج، فسوف يبرد الجزء غير المتبخر من الهيدروجين تحت نقطة إسالته ويتجمد فى النهاية عند ١٤° ك .

ومع ذلك فحتى عند درجة الحرارة المنخفضة هذه يظل الهليوم على حالته الغازية بصورة مستعصية .

فشل ديوار فى إسالة الهليوم وتولى المهمة الفيزيائى الهولندى هيك كامرلنج - أونس Heike Kamerlingh-Onnes (١٨٥٣ - ١٩٢٦) . فقد بدأ بتبريد عينة من الهليوم الغازى فى حمام من الهيدروجين السائل. ولم تنخفض درجة الحرارة حينئذ إلا بدرجة كافية لأن يظهر أثر جول - طومسون . وفى سنة ١٩٠٨ ، أسال كامرلنج - أونس الهليوم عند درجة حرارة ٤,٢ ْ ك .

نحو الصفر المطلق

وإلى حد ما، فحتى هذا لم يكن نهاية الغازات، إلا أنه قد ظهر بالتأكيد فى سنة ١٩٠٨ أنه كان النهاية. وعندما أقبل القرن العشرين، عرف أنه توجد أنواع ذرية أو نظائر .

وهكذا، يتكون الهيدروجين فى الطبيعة من نظيرين مستقرين،"الهيدروجين -١" و"الهيدروجين -٢". ولذرات هيدروجين نواة واحدة تتكون من بروتون واحد ، ولذرات هيدروجين نواتان تتكونان من بروتون ونيوترون .

وللبروتونات والنيوترونات كتل متساوية تقريباً ، بحيث إن هيدروجين -٢ له ضعف كتلة هيدروجين -١، وذرات هيدروجين -٢ نتيجة لذلك أكثر صعوبة لأن تنفك عن مثيلاتها من الذرات وتجعلها تتبخر. وهذا ينطبق بشكل عام على جميع العناصر. وللنظائر التى فى نوياتها الكثير من الجسيمات درجات غليان أعلى من النظائر ذات الجسيمات الأقل .

وعلى أية حال ، ففى معظم العناصر يكون عدد الجسيمات فى النوى كبيراً جداً ، حتى أن جسيماً أو اثنين تقريباً يكون لهما أهمية بسيطة . وفى حالة الهيدروجين، فإن الاختلاف ما بين نواة تحتوى على جسيم واحد وأخرى تحتوى على اثنين هو اختلاف مائة فى المائة . وفى حين أن للهيدروجين العادى (الذى يكون فيه ٦,٩٩٩ ذرة من كل

٧,٠٠٠ ذرة من نوع هيدروجين -١) درجة غليان ٣,٢٠° ك ، فإن درجة غليان هيدروجين-٢ إذا تم عزل كمية كبيرة منه واختبرت هى ٢٣,٤° ك ، وهى أكثر من ثلاث درجات أعلى من درجة غليان هيدروجين -١.

وحالة الهليوم معكوسة. فلكل ذرة من ذرات الهليوم تقريبا نواة تتكون من بروتونين ونيوترونين ، وهى لذلك السبب "هليوم -٤". إنه ذلك الهليوم الذى له نقطة إسالة ٤,٢° ك . بيد أن ذرة واحدة من بين ٧٥٠,٠٠٠ ذرة هليوم لها نواة تتكون من بروتونين ونيوترون واحد، وذلك هو "هليوم -٣".

ولو عزلت كمية من هليوم -٣ بصورة نقية، وإذا ما غمر وعاء منها فى هليوم سائل عند درجة حرارة ٤,٢° ك ، ولما كان هليوم -٣ أخف الاثنين فسيظل غازًا. ويجب أن يبرد هليوم -٣ إلى درجة أخرى ، لأنه لن يسيل إلا عندما تصل درجة الحرارة إلى ٣,٢° ك .

لم يشك كامرلنج - أونس فى وجود هليوم -٣، لكن ذلك لم يهم . وعندما سمح للهليوم بأن يتبخر تحت ظروف عازلة ، استطاع أن يخفض درجة حرارته إلى ٠,٨٣° ك ، قبل وفاته . وهذا يعنى أنه وصل إلى درجة حرارة لا يمكن لأى مادة أن تكون فيها غازية تمامًا ، بالرغم من أنه عند درجة الحرارة هذه سيكون هناك بعض الهليوم فى صورة بخار فى حالة توازن مع السائل .

وبمجرد أن تم إنتاج درجات حرارة أقل من درجة واحدة فوق الصفر المطلق فى المعمل، كان ذلك إنجازًا رائعًا للبشرية .

لقد قلت من قبل أنه لا يوجد كوكب من كواكب المجموعة الشمسية كان على درجة من البرودة لأن يوجد به هيدروجين سائل تحت ظروف وجود ضغط منخفض أو عدم وجود ضغط . ومع ذلك فربما توجد كواكب أبعد من الشمس عما يبعد بلوتو . وهناك افتراضات ، على سبيل المثال ، بأنه يوجد عدد هائل من المذنبات أبعد من بلوتو .

وينبغى أن تكون هذه الأجرام البعيدة جداً أبرد من بلوتو. هل من المحتمل أن تكون من البرودة لدرجة أن الهيدروجين يتجمد فوقها، ومن البرودة لدرجة أن يسيل حتى الهليوم أو يتجمد ؟

يبدو افتراض أن هذه الأجرام ستكون عند الصفر المطلق نتيجة معقولة لكنها نتيجة خاطئة. فالكون مليء بالإشعاع الكونى وكذلك خلفية من إشعاع موجة فائقة الصغر تصل إلى كل ركن من أركانه . وأى جرم فى الكون حتى لو كان غير منتج للطاقة ، وحتى لو كان بعيدًا عن أى نجم أو أى جرم منتج واضح للطاقة ، لا يزال يمتص هذا الجرم أشعة كونية وموجات دقيقة بقدر كاف حتى يصل إلى درجة حرارة ٣ْ ك ، وهى درجة الحرارة العامة للكون .

وهذا يعنى أن (على شرط عدم وجود كائنات عاقلة فى الأطراف البعيدة من الكون يعايشون درجات حرارة فائقة الانخفاض) كامرلنج - أونس أنتج درجات حرارة من الهليوم السائل كانت تعتبر أرقامًا كونية . فقد أنتج درجات حرارة أقل مما يوجد فى الطبيعة فى أى مكان فى الكون .

ومع ذلك فقد أخفق فى نقطة واحدة . إذ لم يستطع أن يحرز النصر النهائى . فحتى عند درجة حرارة ٠,٨٣ْ ك ، ظل الهليوم سائلا. فلم يستطع كامرلنج - أونس أن يحقق الهدف بإنتاج الهليوم الصلب .

ولم يستطع مع ذلك أن يخفض درجة الحرارة المنخفضة التى وصل إليها . وكما حدث ، فعند الصفر المطلق لا يكون محتوى الذرات والجزيئات من الطاقة صفرًا تمامًا . فلو حدث ، وأن كانت لذرات الهليوم (أو أى نوع آخر) طاقة صفر ، فستكون حينئذ عديمة الحركة . سوف تكون كمية تحركها صفراً ويمكن تحديد وضعها بالضبط .

ومع ذلك ، هناك "مبدأ اللايقينية "uncertainty principle قوى جداً، الذى استنبطه لأول مرة الفيزيائى النمساوى فرنر كارل هيزنبرج Werner Karl Heisenberg (١٩٠١ - ١٩٧٦) فى سنة ١٩٢٧، و ينص على أن الموضع وكمية التحرك لا يمكن تحديدهما آنيًا وبصورة دقيقة معًا، لكنه لابد

أن يظل هناك دائمًا عدم يقين . سوف تحتفظ المادة ببعض المقادير الضئيلة جدًا من الطاقة حتى عند الصفر المطلق ولا يمكن التخلص منها أبدًا من أجل الحفاظ على ثبات مبدأ اللايقينية .

وحيث لا يمكن أبدًا التخلص من هذا القدر الضئيل من الطاقة ، فإن الصفر المطلق هو بالفعل مطلق . بيد أنه لما كانت هذه البقية الأخيرة من الطاقة موجودة وكافية لجعل الهليوم سائلاً ، فسوف يظل الهليوم سائلاً حتى الصفر المطلق .

وعلى الأقل ، يصدق هذا على الضغط الجوى العادى . وفى سنة ١٩٢٦، بعد بضعة شهور من وفاة كامرلنج - أونس ، استخدم زميله ويليام هندريك كيسوم Wil-liam Hendrick Keesom (١٨٧٦ - ١٩٥٦) مع الهليوم السائل واستطاع أن يجعله صلبًا فى النهاية .

لقد كان الهدف الأخير، فقد وصلت الظروف فى النهاية فى المعمل (وربما لا تكون فى أى مكان آخر فى الكون) بحيث كانت كل مادة فى الحالة الصلبة .

ويبدو بهذا الهدف أن المسألة قد انتهت، لأنه ماذا يوجد هناك يمكن إنجازه مع درجات الحرارة الممتدة حتى جزء من الدرجة فوق الصفر المطلق وكل شىء صلب؟

وبالفعل ، كما تبين، كشفت بعض أنواع من المادة بالقرب من الصفر المطلق عن خصائص غير عادية. فالزئبق والرصاص وعدة أنواع من معادن وسبائك أخرى عند درجات حرارة حرجة معينة ومنخفضة جدًا ، لا تقاوم التيار كهربى وتصبح "فائقة الموصلية[٢] "superconductive . وكانت هناك خصائص غريبة أخرى اتصف بها الهليوم على وجه الخصوص .

ولدراسة هذه الخصائص استمر العلماء فى مواصلة تخفيض درجات حرارة إلى الأقل فالأقل . ولم يكونوا فى ظل أى وهم أنهم بوصولهم إلى درجات حرارة أقل من ١ ك ، لا تزال فقط خطوة سريعة أخيرة ويصلون إلى النصر النهائى . وفى سنة ١٩٠٦، استنبط الكيميائى الألمانى والتر هرمان نرست Walther Hermann Narnst

(١٨٦٤ - ١٩٤١) ما يسمى "القانون الثالث للديناميكا الحرارية" third law of thermodynamics ، ومن هذا القانون الثالث يستطيع المرء أن يجد أن إنقاص درجة الحرارة المطلقة إلى النصف يأخذ دائمًا نفس المجهود بغض النظر عن نقطة البداية. ولا يمكن بأى قدر من الجهد، نتيجة لذلك ، أن يصل المرء إلى الصفر المطلق ، وأية زيادة أكثر منها ستصل سرعة الضوء .

وعلى الرغم من ذلك، رأى العلماء أهمية للوصول إلى الصفر المطلق بأقرب ما يستطيعون .

فقد وصل أسلوب السماح للغازات بأن تتمدد والسوائل بأن تتبخر إلى نهاية ميتة عند حوالى ٠,٥٠ ° ك ، وفى العشرينيات كان هناك شيء جديد مطلوب .

فى سنة ١٩٢٦، اقترح كل من الكيميائى الهولندى بيتر جى.و.ديباى Debye (١٨٨٤ - ١٩٦٦) والكيميائى الأمريكى ويليام فرنسيس جاكو William Francis Giauque (١٨٩٥-) على حدة أسلوبًا جديدًا .

وفى مواد معينة مثل سلفات الجادولينيوم gadolinium sulfate تعمل ذرات المعدن، وهى الجادولينيوم فى هذه الحالة مثل منغنطيسات صغيرة. وفى وجود مجال مغنطيسى قوى تنتظم جميع الذرات فى اتجاه واحد وتتمغنط المادة. وإذا أزيل المجال المغنطيسى حينئذ، فإن الذرات تهتز بصورة عشوائية ويفقد الملح خصائصه المغنطيسية .

والذرات عند بداية تحركها بصورة عشوائية تمتص الحرارة، وإذا عزلت عن العالم الخارجى فيجب أن تمتصها من المادة ذاتها بحيث تهبط درجة حرارتها . وإذا ما تمغنطت سلفات الجادولينيوم وبعد ذلك بردت لأقل درجة حرارة ممكنة وأزيل حينئذ المجال المغنطيسى ، فلا تزال تنخفض درجة الحرارة بدرجة أقل .

وقد احتاج الأسلوب فترة من الزمن حتى ينجح ، لكنه بحلول سنة ١٩٣٣ استخدم جاكو سلفات الجادولينيوم لإنتاج درجة حرارة ٠,٢٥ ° ك . وفى نفس السنة، استخدم كيميائيون هولنديون فلوريد السيريوم cerium fluoride للحصول على درجة حرارة

١٣ , ٠° ك ، وسلفات أثيل السيريوم cerium ethyl sulfate للحصول على درجة حرارة ٠١٨٥ , ٠° ك . ومنذ ذلك الحين ، أعطى استخدام الأسلوب درجات حرارة وصلت إلى ٠٠٣ , ٠° ك .

فى سنة ١٩٦٢، أشار الفيزيائى الألمانى – الإنجليزى هينز لندن Heinz London (١٩٠٧–) إلى أن ذرات هليوم –٣، لكونها أخف من ذرات هليوم –٤ ، فإنها تتحرك بصورة أسرع وتساهم فى درجة الحرارة بصورة غير متكافئة . وعند درجات حرارة منخفضة جداً، فإن الهليوم–٣ مع الهليوم –٤ لا يختلطان بصورة صحيحة، ويمكن استخدام تقنيات لاستخراج الهليوم –٤ من الخليط ، آخذا معه معظم الحرارة وبذلك تنخفض درجة حرارة هليوم –٣ بدرجة أكبر .

وبذلك أعطت طرق تجمع ما بين هليوم –٣ و إزالة الخصائص المغنطيسية درجات حرارة تصل إلى ٠٠٠٣ , ٠° ك ، وهى درجات حرارة تصل نحو ٢ من مائة ألف من درجة الصفر المطلق .

الهوامـــش

(١) أثر جول-كلفن : تغير فى درجة الحرارة عند تمدد الغاز تمدداً أدياباتياً(كظميا) ، دون بذل شغل خارجى . معجم الفيزياء- أكاديمياً ١٩٩٢ .

(٢) فائق الموصلية : صفة فلز يتم فيه انهيار مفاجئ لمقاومة الكهربية عند تبريده إلى درجة حرارة منخفضة ، تقترب من الصفر المطلق . معجم الفيزياء السابق ذكره .

الفصل الثالث والعشرون

السطوع

القدر (المجنتيود)

ينشأ عن التغيرات فى درجة الحرارة بعض الظواهر، وسوف ندرس فى هذا الفصل ظاهرة – وهى من الظواهر الملفتة للنظر .

تبعث جميع المواد عند أى درجة حرارة فوق الصفر المطلق (-٢٧٣,٢ درجة سنتيجراد) موجات من الأشعة الكهرومغناطيسية ، ونمط الأطوال الموجية يكون مميزاً لدرجة حرارة معينة، لذا يمكن تعيين درجة حرارة نجم بعيد من نمط الأطوال الموجية التى يشعها.

وعموماً ، تشمل الأطوال الموجية على نطاق كبير من الموجات الفائقة الطول إلى الموجات الفائقة القصر ، ووجود قمة عند بعض القيم المتوسطة. وعند ارتفاع درجات الحرارة، تتجه الأطوال الموجية نحو النهاية الأقصر من الطيف spectrum (١) (ولذلك السبب تكون أكثر فعالية)، وكذلك الحال بالنسبة للقمة .

والأشعة المنبعثة لكل درجات الحرارة العادية حتى حوالى ٦٠٠° مئوية ، تكون فى منطقة الموجة الراديوية radio-wave region ، أو منطقة الميكروويف الأقصر بعض الشىء . وكل هذه المجموعات من الأشعة تشترك فى شىء واحد – فى أنها لا تؤثر على شبكية العين . وهكذا فإن كتلة من الحديد عند أى درجة حرارة فى نطاق ألف درجة بين الصفر المطلق ودرجة حرارة ٦٠٠ مئوية قد يكون ملمسها بارداً أو دافئاً أو حتى ساخناً جداً ، وقد تعطى فيوضاً من الأشعة ولكن

لا تستشعر عيوننا شيئاً من هذه الأشعة ، وتظل كتلة الصلب هذه في الظلام غير مرئية .

بيد أنه فوق ٦٠٠° مئوية ، تنتشر بعض الأشعة في منطقة الضوء المرئي . وفي البداية، لا تشع الموجات الأطول من الضوء المرئي إلا كميات محسوسة، وهذه الموجات لكونها حمراء اللون فإنها تجعل الشيء "أحمر- ساخناً" . وعندما يتزايد ارتفاع درجة الحرارة يظهر المزيد والمزيد من الأطوال الموجية الأقصر من الضوء ، ويتحول الجسم إلى اللون البرتقالي وبعد ذلك يميل نحو البياض ويصبح "أبيض - ساخناً" عندما تكون جميع ألوان الطيف موجودة. والشيء الساخن مثل سطح الشمس يشع أساساً في طيف الضوء المرئي ، على الرغم من أن أشعة الشمس تنتشر لما بعد ذلك في الموجات الأطول غير المرئية والموجات الأقصر غير المرئية .

ونحن نقرن درجة الحرارة العالية بالتوهج المرئي ، والطريقة الوحيدة للحفاظ على جسم ساخن جداً غير مرئي هو أن يحتويه شيء أبرد . وهكذا، فإننا لا نرى باطن الأرض الساخن جداً ، والسبب في ذلك هو احتواؤه داخل قشرة الأرض الباردة .

ومن الممكن أيضاً أن نحصل على مصدر ضوء لا يكون عند درجة حرارة عالية، والمثال الواضح لذلك هو ذبابات سراج الليل fireflies .

وبالنسبة للبشر بشكل عام، فالشمس هي المصدر العظيم للضوء بالإضافة إلى القمر والأجرام السماوية الأخرى . ويقينا، فحتى في العصور الأولى كانت النار موجودة . وتعلم البشر كيف يحافظون على النيران ويصنعونها بأنفسهم ، وفي النهاية أصبحت الإضاءة الصناعية أكثر أهمية للبشرية من الضوء القادم من أي جرم سماوي بخلاف الشمس ذاتها. وعلى الرغم من هذا، كان الضوء النسبي للأجرام السماوية دائما ذا فائدة للعلماء ولا يزال كذلك .

وفي العصور الأولى، كان هناك نوعان من الخصائص يستطيع المرء اكتشافهما من النجوم دون الاستعانة بالأجهزة الحديثة ولم يكن ذلك إلا بصورة تقريبية ، وهاتين الخاصيتين هما الموقع والبريق .

وكان أول شخص نعرفه حاول وضع أول خريطة للسماء وتحديد موقع بعض النجوم العديدة على الأقل هو الفلكي اليوناني هيبارخوس Hipparchus (١٩٠ - ١٢٠ق.م) . ففي حوالي سنة ١٣٠ قبل الميلاد، أعد خريطة تتضمن ١,٠٨٠ نجمًا ، وحدد لكل منها خط العرض والطول السماوي بصورة أفضل مما يمكن تحديده بدون ساعة أو تليسكوب أو أي جهاز حديث آخر .

ولم يغفل عن الخاصية الأخرى - البريق . قسم هيبارخوس النجوم إلى ست فئات. احتوت الفئة الأولى على النجوم العشرين الأكثر بريقًا في السماء. واحتوت الفئة الثانية على نجوم أعتم قليلاً من النجوم السابقة ، واحتوت الفئة الثالثة على نجوم أكثر عتامة وهكذا . واحتوت الفئة السادسة على نجوم تكاد ترى بصعوبة في ليلة ظلماء غاب عنها القمر ولا يراها إلا شخص حاد البصر .

وفي النهاية ، أصبح يطلق على كل فئة اسم قدر (ماجنتيود) magnitude (قياس سطوع النجم السماوي) من كلمة لاتينية بمعنى واسع ، حيث كان يفترض أن جميع النجوم تقع على أبعاد متساوية ومثبتة على قبة سماوية صلبة ، وأن النجوم التي تسطع بصورة أكثر بريقًا تقوم بذلك لأنها كانت أكبر . ونتيجة لذلك ، كانت نجوم الفئة الأولى هي أسطع النجوم والفئة الثانية هي التالية في السطوع وهكذا . ولا يزال هذا النظام مستخدمًا حتى اليوم .

وفي البداية كان تقسيم النجوم إلى أقدار (ماجنتيودات) تقسيمًا نوعيًا تمامًا ، ومن الواضح أن بعض نجوم القدر الأول أكثر بريقًا من نجوم القدر الأول الأخرى ، لكن ذلك لم يأخذ في الحسبان . ولم يعبأ الفلكيون القدامى كثيرًا بأن أكثر نجوم القدر الأول عتمة لم تكن أكثر بريقًا جدًا من نجوم القدر الثاني الأكثر بريقًا . وهناك بطبيعة الحال هبوط مستمر في البريق بين النجوم ، لكن التصنيف إلى فئات منفصلة حجب هذا .

وأخيرًا ، في ثلاثينيات القرن التاسع عشر بدأت المحاولات لتنقيح نظام هيبارخوس الذي وضعه منذ ألفي سنة .

كان الفلكي الإنجليزي جون هيرشل John Herschel (١٧٩٢ - ١٨٧١) هو أحد الرواد الذين رصدوا النجوم الجنوبية في أقصى الأطراف الجنوبية من أفريقيا . وفي

سنة ١٨٣٦ ، ابتكر جهازًا ينتج صورة صغيرة للقمر المكتمل الذى يمكن أن يسطـع أو يعتم عن طريق عدسة. ويمكن حينئذ جعل الصورة مساوية فى السطوع لصورة نجم معين . وبهذه الطريقة استطاع هيرشل أن يقدر البريق النسبى للنجوم بدقة كبيرة وأن يحدد رتب أصغر من قدر كامل .

بيد أنه استطاع باستخدام القمر المكتمل أن يحدد الأوقات التى يمكن أن تتم فيها القياسات ، وسمح فقط بقياس النجوم الأكثر بريقًا ، حيث كانت النجوم الأكثر عتمة لا تظهر فى ضوء القمر .

ومع ذلك، ففى الوقت نفسه تقريبًا ، استنبط الفيزيائى الألمانى كارل أوجست فون شتنهيل Karl August von Steinheil (١٨٠١ - ١٨٧٠) جهازًا مماثلاً يمكن أن يحدث تراصفا لصور نجمين مختلفين ، يكون أحدهما معتمًا أو براقًا ليتماشى مع الآخر . وأمكن فى النهاية جعل الأقدار بصورة كمية .

شعر شتينهيل أن رتب السطوع يمكن استشعارها بصورة لوغاريتيمية. أى أن العين تتأثر بنسب السطوع بدلاً عن تأثرها بالاختلافات الفعلية. وهكذا إذا كان نجم (أ) يماثل فى السطوع ثلاث مرات نجم (ب)، ويماثل تسع مرات سطوع نجم (ج) فإن النجم (ب) سيبدو أكثر بريقًا من نجم (ج) حيث يبدو نجم (أ) أكثر بريقًا من نجم (ب) . وفى كل حالة كانت النسبة ثلاثة .

فى سنة ٦٥٨١، أشار الفلكى الإنجليزى نورمان روبرت بوجسون Norman Robert Pogson (١٨٢٩ - ١٨٩١) إلى أن القدر الأول المتوسط لنجم يبلغ مائة مرة بريق القدر السادس المتوسط لنجم وفقا للقياسات الدقيقة التى توافرت فى ذلك الحين. ولكى نجعل الفترات الخمس بين الأقدار الستة مائة بالضبط ، يجب أن نجعل نسبة كل من الفترات الخمس الجذر الخامس لـ ١٠٠، والتى تصبح حوالى ٢,٥١٢ (وبمعنى آخر فإن ٢,٥١٢×٢,٥١٢×٢,٥١٢×٢,٥١٢×٢,٥١٢ تساوى تقريبًا مائة) .

ونتيجة لذلك، إذا اخترت قدر ١,٠ بطريقة بحيث تضعه تقريبًا فى منتصف المسافة بين نجوم القدر الأول ، يمكنك حينئذ أن تمضى فى استخدام طريقتك بواسطة نسب الـ ٢,٥١٢، وعندما تحسنت الفوتومترات photometers (المقاييس الضوئية)

استطاع الفلكيون تحديد الأقدار حتى واحد من عشرة، وأمكنهم أحيانًا أن يقسموا القدر إلى اثنين من عشرة . فالأكثر بريقا لنجمين منفصلين بعشر قدر،هو حوالى ١,١ مرة بريق النجم المعتم ؛ أو إذا انفصل بواحد من مائة من القدر يكون براقا بـ ١,٠١ مرة .

وباستخدام النظام الجديد، أمكننا تحديد القدر بدقة ، وعلى سبيل المثال فإن كلاً من بولكس Pollux [٢] وفوماهوت [٣] Fomalhaut من القدر الأول ، لكن بولكس له قدر ١,١٦ وفوماهوت له قدر ١,١٩ .

وفى الوقت الذى استنبط فيه بوجسون مقياس القدر، كانت نجوم القدر السادس هى النجوم الأعتم على الإطلاق التى يمكن رؤيتها . وكشف التليسكوب عن نجوم أكثر عتامة ، وكشفت التحسينات المتعاقبة للأجهزة عن نجوم أكثر عتمة . وباستمرار النسبة ٢,٢١٥ يمكن أن نجد لدينا نجوماً من القدر السابع ، ونجوماً من القدر الثامن ونجوماً من القدر التاسع ، وهكذا وقياس كل منها لقيمة أقرب بقدر ما تسمح به أجهزتنا .

وسوف تكشف أفضل التليسكوبات المعاصرة عن نجوم فى عتمة القدر العشرين ، إذا وضعنا أعيننا على الشيئية . وإذا وضعنا بدلاً من ذلك لوحًا فوتوغرافيًا وجعلنا الضوء المتمركز يتراكم ، يمكننا أن نكتشف نجومًا حتى القدر الرابع والعشرين .

ويعتبر نجم من القدر الرابع والعشرين أعتم ثمانية عشر قدراً عن الجرم الأكثر عتمة الذى يمكن أن نراه بالعين المجردة . وبواسطة المقياس اللوغاريتمى ، فإن النجم الأكثر عتمة الذى استطاع القدماء أن يروه هو نجم براق حوالى ١٦,٠٠٠,٠٠٠ مرة من أعتم نجم يمكن أن نراه .

وهناك بالطبع نجوم أكثر بريقا عن متوسط نجوم القدر الأول، ولذلك السبب فإن لها أقداراً أقل من ١,٠٠ (تذكر أنه كلما كان الرقم أدنى كان النجم أكثر بريقا) . وهكذا ، فلدينا الشعرى الشامية [٤] Procyon وهو ذو قدر قدر ٠,٣٨ .

ومع ذلك لا يعتبر الشعرى الشامية Procyon ألمع نجوم السماء، فهناك عدد قليل من النجوم هى بالفعل أكثر بريقا فى القدر عن صفر ولها أقدار سالبة . فهناك رجل الجبارAlpha Centauri وله قدر -٠,٢٧ ، وسهيل Canopus (نجم فائق العظم ، ثانى

أنصع النجوم) وله قدر -٢٧,٠، والشعرى اليمانية Sirius وله قدر يجيء بعد علامة -١ ، لأن قدره يكون -١,٤٢ .

وهذا يعنى أن الشعرى اليمانية ، ألمع نجوم القدر الأول التقليدية ، هو بالفعل ألمع ثلاثة أقدار عن أعتم نجوم القدر الأول التقليدية والذى يعتبر نير التوأمين Castor ذا قدر ١,٥٨٠ . والشعرى اليمانية ألمع ستة عشرة مرة من نير التوأمين ، ويعتبر ألمع ١٥,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مرة من أبهت النجوم التى يمكنها أن تظهرها لنا التليسكوبات .

هل يوجد فى السماء ما هو أكثر لمعانا من الشعرى اليمانية Sirius ؟

طبعًا ! هناك العديد من الكواكب أكثر لمعانًا من الشعرى اليمانية ، على الأقل لفترة من الوقت . وعندما يكون كوكب المشترى فى أكثر أوضاعه بريقًا فى السماء فإنه يصل لقدر -٢,٥٠ . ويمكن أن يصل المريخ لقدر -٢,٨ ، فى حين تعتبر الزهرة ألمع الكواكب على الإطلاق حيث يمكن أن يكون لها قدر -٤,٣٠ . وفى أكثر أوضاع الزهرة لمعانًا تعتبر ألمع من الشعرى اليمانية بخمس عشرة مرة .

وحتى هذا لا يمثل القمة، فالقمر أكثر لمعانًا إلى حد بعيد من الزهرة، وعندما يكون القمر بدرًا يكون أكثر بريقًا من الزهرة بحوالى ٢,٠٠٠ مرة .

وهذا يتركنا للشمس التى لها قدر -٢٦,٩١٠ . والشمس ألمع من القمر البدر بنحو ٥٢٥,٠٠٠ مرة ، وألمع من الزهرة بنحو ١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ وألمع من الشعرى اليمانية بنحو ١٥,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مرة ، وألمع من أعتم نجم يظهره لنا التليسكوب بنحو ٢٥,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مرة .

وحيث لا يوجد شيء ألمع من الشمس فى السماء ، ولا يوجد أعتم من أعتم النجوم التى يمكن أن تظهرها لنا التليسكوبات (على الأقل إلى أن تتحسن التليسكوبات بصورة أفضل) ، فقد وصلنا إلى النهاية فى كلا الاتجاهين ، حيث قطعنا مدى ١٥ قدرًا .

النصوع المطلق للنجم ، المقدار المطلق Absolute magnitude

تعتبر كل الأقدار التى ناقشناها حتى الآن أقداراً ظاهرية. ولا يعتمد لمعان جرم كما نراه على مقدار الضوء الذى يصدره فقط ولكن على مدى بعده عنا. فالجرم الذى يعتبر معتما بصورة غير عادية بالمعنى المطلق مثل ضوء لمبة ١٠٠ وات يمكن أن يوضع أمامنا ويبدو للعين مثل بريق القمر. ومن ناحية أخرى فنجم يعطى ضوءاً أكثر من الشمس يمكن أن يكون بعيداً جداً عنا لدرجة أن التليسكوب لا يمكن أن يظهره لنا .

ولكى نحدد، إذن مستويات اللمعان الحقيقية لقياس الضوء الذى يصدره جرم بالفعل – سطوعه – يجب أن نتخيل أن كل الأجرام المعنية تبعد عنا مسافة ثابتة. وقد اختيرت المسافة الثابتة (بصورة اعتبارية) عشرة فراسخ نجمية ١٠ parsecs ، وهى مسافة تساوى ٣٢,٦ سنة ضوئية .

وبمجرد معرفة مسافة أى جرم منير، وقياس درجة لمعانه عند هذه المسافة يمكن حساب بريقه عند أى مسافة أخرى. والقدر الذى سيكون لجرم لو كان يبعد عنا مسافة عشرة فراسخ نجمية بالضبط هو "قدره أو نصوعه المطلق" absolute magnitude .

وشمسنا ، على سبيل المثال ، تبعد عنا حوالى ١٤٩,٥٠٠,٠٠٠ كيلومترا، أو ١/ ٢٠٠,٠٠٠ فرسخ نجمى . تخيل أنها تبعد عنا عشرة فراسخ نجمية وتزيد مسافتها حوالى ٢,٠٠٠,٠٠٠ مرة . فسوف ينخفض بريقها بمربع هذا الرقم، أو ٤,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مرة . وهذا يعنى أن بريقها ينخفض بحوالى ٣١,٥ قدر، وعلى ذلك يكون قدرها المطلق حوالى ٤,٧ .

والشمس عندما تُرى من بعد عشرة فراسخ نجمية تكون مرئية لكنها ستشع مثل نجم معتم تماما وغير ملفت للنظر .

وماذا عن الشعرى اليمانية ؟ فهى بالفعل على بعد ٢,٦٥ فرسخًا نجميًا ، فلو تخيلنا أنها تبعد عشرة فراسخ فسوف يعتم بريقها بحوالى ثلاثة أقدار وسيكون قدرها المطلق ١,٣+ . ولم تعد بعد النجم الأكثر سطوعًا فى السماء، لكنها ستظل نجمًا من القدر الأول .

وتظهر لنا الأقدار المطلقة – التى تزيل الاختلاف فى المسافة كعامل – أن الشعرى اليمانية مضيئا كالشمس بنحو ٢٣ مرة ، أى أنه يبعث ضوءًا مثل الشمس بنحو ٢٣ مرة .

مع ذلك، فالشعرى اليمانية أبعد ما يكون عن أن تكون النجم الموجود الأكثر سطوعا ، فهناك نجوم لها ضوء أكثر من ذلك . ومن جميع نجوم القدر الأول ، فإن أكثرها بعدها هو رجل الجبار (نجم أبيض مزرق عملاق) ، الذى يبعد ١٦٥ فرسخًا نجميًا . فهو يعد سابع أسطع النجوم فى السماء ، ولا يزيد بريقه عن ربع بريق الشعرى اليمانية . ولا يزال رجل الجبار يبعد عنا بنحو ٦٠ مرة المسافة التى تبعدها عنا الشعرى اليمانية . ولجعل الرجل الجبار فى وضع جدير بالاحترام من هذه المسافة، فإنه يجب أن يكون نيرًا جدًا .

وهو حقا كذلك! فالقدر المطلق لرجل الجبار هو -٢,٠٦ ضعه عند مسافة عشرة فراسخ نجمية وعلى الرغم من أنه يكون أربعة أمثال المسافة الحقيقية للشعرى اليمانية ، فإنه لن يفوق فى سطوعه هذا النجم فقط بل سيكون إشعاعه أكثر لمعانًا حتى من الزهرة – يماثل بريقها بنحو ست مرات . وفى الواقع ، فإن رجل الجبار يماثل بريق الشعرى اليمانية ١,٠٠٠ مرة ، ويماثل بريق الشمس بنحو ٢٣,٠٠٠ مرة .

يعتبر رجل الجبار أكثر النجوم نصوعًا المعروفة لنا فى المجرة لكن هناك مجرات أخرى. فسحابة مجلان الكبرى(٥) Large Magellanic Cloud هى مجرة تابعة لمجرتنا وبها نجم يسمى س.دورادوس (S Doradus) . ويظهر هذا النجم معتمًا جدًا إن لم نستخدم لرؤيته تليسكوب، لكنه يبعد بمسافة ٤٥,٠٠٠ فرسخ نجمى ، وكان الفلكيون مندهشين من البريق الذى يظهر به رغم مسافته . وقد اتضح أن له قدر -٩,٥٠ وهذا يجعله يماثل سطوع رجل الجبار بنحو ٢٣ مرة ويماثل سطوع الشمس بنحو ٥٠٠,٠٠٠ مرة .

ولو كان S Doradus فى مكان شمسنا، فإن كوكبًا يدور حوله على بعد ١٧ مرة مسافة الكوكب بلوتو، سوف يراه ساطعًا مثلما نرى الشمس ساطعة .

يعتبر S Doradus أكثر النجوم المضيئة التى نعرفها استقراراً . أنه يبعث بمزيد من الضوء اليوم تلو الآخر، والقرن تلو القرن عن أى نجم آخر. ومع ذلك فليست جميع النجوم مستقرة. فأحياناً تنفجر النجوم وتكتسب من الانفجار سطوعاً حاداً ولو بصورة مؤقتة .

ويعتمد مقدار الكسب على حجم النجم، فكلما كان النجم أكبر حجماً كان الانفجار أكثر هولاً . والانفجار الرائع بصورة حقيقية "لسوبرنوفا"، يمكن أن يجعل نجما كبيراً واحداً بقدر مطلق ، لفترة وجيزة جدا حوالى -١٩ .

ولمدة وجيزة تشع هذه السوبرنوفا بضياء حوالى ٦,٠٠٠ مرة مثل ضياء S Doradus وحوالى ١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مرة مثل ضياء شمسنا. وحتى على بعد عشرة فراسخ نجمية، سيشع ٣٦٠ مرة مثل بريق قمر بدر، وواحد من الألف مثل بريق شمسنا القريبة .

هل وصلنا الآن إلى الحد الأعلى للسطوع (النصوع) ؟ لا!

والسوبرنوفا هو مجرد نجم واحد. هل لنا أن ندرس سطوع مجموعة من النجوم؟

يبدو زوجان من النجوم قريبان جداً من أحدهما الآخر كنجم واحد من بُعد. وإذا كان لكلا النجمين بريق متساو، فإن المجموع يكون قدر ٠,٧٥ ألمع مما لو كان النجم بمفرده .

والنجوم المزدوجة من الأمور الشائعة جدا، وحتى مجموعات النجوم المكونة من ثلاثة أو أربعة نجوم لا تعتبر من الحالات النادرة تماماً. وفى الواقع ، هناك نجوم فى حشود كبيرة أيضاً ، فهناك حوالى ٥٢١ من "الحشود الكروية" globular clusters [٦] المعروفة تصاحب مجرتنا، وتحتوى كل منها فى أى مكان من سبعة آلاف إلى عدة مئات الآلاف من النجوم وجميعها محتشدة مع بعضها(على الأقل محتشدة بكثافة بمقاييس منطقتنا النجمية المجاورة) .

افترض ، أننا درسنا حشداً (قنواً) كروياً يتكون من ١,٠٠٠,٠٠٠ نجم لكل منها سطوع يماثل شمسنا . ذلك الحشد الضخم سيكون على الرغم من ذلك مجرد

ضعف سطوع النجم الواحد S Doradus . ويمكن أن يكون لسوبرنوفا عملاقة سطوع مساو لـ ٣,٠٠٠ مرة سطوع حشد كروى كبير. ولذلك السبب، لا يوجد حشد كروى سّجل رقمًا قياسيًا فى السطوع .

ومع ذلك ، فالمجرة ذاتها لها نواة تكافئ حشداً كروياً كبير الحجم . ويعتبر مركز مجرتنا حشداً مكدسًا بكثافة من النجوم تشع فى مجموعها ضوء قدره ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مرة قدر الضوء الصادر من الشمس . ويمكن حساب قدرها المطلق ليكون -٢٢,٨. (وبقية المجرة ، خارج النواة، لها نجوم مبعثرة نسبيًا ، وإذا ما ضمن سطوعها فقد تصل القيمة الكلية للقدر المطلق إلى -٢٢,٩ .) .

ويبدو هذا رقمًا قياسيًا جديداً. فالنواة المجرية تشع سطوعا يزيد ثلاث مرات عن سطوع سوبرنوفا فى قمة بريقها. وهناك أيضا مجرات أكبر من مجرتنا. ويمكن أن يكون لمجرة كبيرة كتلة عشرة أمثال كتلة مجرتنا ولها قدر مطلق يصل إلى -٢٥ .

وهناك صعوبة فى حساب الأقدار المطلقة للحشود الكروية والمجرات، مع ذلك ، لأننا نتعامل مع أجرام منتشرة. فقد يصل طول حشد كروى كبير حوالى ١٠٠ فرسخ نجمى ، ويمكن أن تصل طول نواة مجرية حوالى ١,٠٠٠ فرسخ نجمى . ويمكن حساب الأقدار المطلقة ، لكنه لا يمكن اختبارها بالطريقة العادية .

إذا تخيلت النقطة المركزية لحشد كروى أو لنواة مجرية تكون على بعد عشرة فراسخ نجمية ، فسوف تكون فى نطاق الغرض . فسوف تُرى نجوم كلها من حولك ولن يكون لديك الإحساس بسطوع مجمع بأكثر مما تجده حاليًا فى مجرتنا .

وصحيح أنه يمكننا استخدام ١,٠٠٠,٠٠٠ فرسخ نجمى كمسافة اصطلاحية لقياس السطوع، وحينئذ سوف نرى أن مجرة كبيرة تفوق فى سطوعها أى نجم مفرد تحت أى ظرف. ومن ناحية أخرى، فستبدو كل الأشــياء التــى ترى من تلك المـسافة (حتى باستخدام تليسكوب جيد) معتمة جداً وغير واضحة .

وإذا أردنا البحث عن رقم قياسى للسطوع بعد السوبرنوفا ، يجب أن نسأل إن كان هناك أى شىء يشبه جرمـًا واحداً له حجم صغير نسبيًا علـى

بعد عشرة فراسخ نجمية، وأنه لا يزال يسطع بدرجة أكبر من سوبرنوفا من يوم لآخر بصورة منتظمة .

وهناك ذلك الشيء . فما نسميه "أشباه النجوم quasars "[٧] هي من الظاهر نوى مجرية مكثفة ولامعة لدرجة أنه يمكن رؤيتها بواسطة التليسكوب على بعد مئات الملايين من الفراسخ النجمية[٨] . ولا يمكن رؤية جرم آخر عند هذه المسافات . وربما يعتقد أن شبه النجم النموذجي لا يزيد قطره عن نصف فرسخ أو نحو ذلك ، ومع ذلك فإنه يشع بسطوع مائة مجرة مثل مجرتنا .

ويعتبر نصف فرسخ قطر كبير حوالى ١٢,٠٠٠,٠٠٠ مرة قطر الشمس ، إنه يزيد عن ١,٠٠٠ مرة قطر مدار بلوتو. فإذا وضع شبه نجم على مسافة ١٠ فراسخ نجمية فسيكون قطره الظاهرى حوالى ٣ درجات. ويعتبر ذلك حوالى ستة أمثال القطر الظاهرى لشمسنا أو القمر مكتملاً ، لكننا لا نزال نراه جرماً متوهجاً واحداً - أشد من أن نرى شمسنا من سطح كوكب عطارد. (وسوف تكون هناك أيضا نجوم فردية خارج هذه النواة اللامعة لكنها لا تلعب دوراً مهماً فى موضوع السطوع) .

وسوف يكون لشبه نجم متوسط قدر - ٢٨وسوف يشع حتى على بعد عشرة فراسخ نجمية حوالى ضعف سطوع الشمس فى السماء على الرغم من أن شبه النجم يبعد حوالى ٢,٠٠٠,٠٠٠ مرة .

ولكن ما مقدار بريق أسطع أشباه النجوم؟

فى سنة ١٩٧٥ ، درس فلكيان من هارفارد صوراً قريبة العهد لشبه النجم ٣ C ٢٧٩ . إنه عادة يشع بقدر ظاهرى ١٨ لكنه رجوعاً إلى سنة ١٩٣٧(عندما لم يعرف أحد أن العتمة الظاهرية والنجم غير المميز هو بالفعل شبه نجم ضخم وفائق البعد) فإنه اكتسب لفترة وجيزة قدراً ظاهرياً حوالى ١١ .

وللإشعاع ببريق يماثل قدر ١١ من مسافة حوالى ٢,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ فرسخًا نجميًا يعتبر شيئًا لا يصدقه العقل تقريبًا . فعند قمته أشع ٣ C ٢٧٩ بضوء ١٠,٠٠٠ مجرة عادية ، وقدر أن يصل قدره المطلق إلى قمة -٣١ .

تخيل ٣ C ٢٧٩ يبعد عنا عشرة فراسخ نجمية فسوف يشع بريق ٤٠ مرة مثل بريق شمسنا كما نراها حاليًا . ويمكن أن يصل شبه نجم مثل ٣ C ٢٧٩ قمة سطوع حينئذ ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مرة مثل شمسنا - أو ٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مرة مثل S Doradus أو ٦٠,٠٠٠ مرة مثل سوبرنوفا هائلة فى قمتها .

وهذا هو أكثر الأجرام التى نعرفها سطوعًا حتى الآن .

فى هذا الكتاب، تتبعت عددًا قليلاً من توسعات الأفق الملفتة للنظر التى فكر فيها الإنسان وأوجدها العلم الحديث . وهناك آفاق أخرى قد اتسعت - الشدة المغنطيسية ، اللزوجة ، وكمية الدفع الزاوى ، ألخ. - والآفاق التى قدمتها تظهر البشرية فى قمة ذكائها ، وفى رغبتها الدؤوب فى التقدم على قدر الإمكان فى كافة الأرجاء .

انتهى بحمد الله

الهوامــش

(١) طيف : التوزيع الطاقى للجسيمات أو الفوتونات ، أو ترتيب شدة الموجات الإشعاعية وفقًا لأطوالها الموجية ، أو هو بيان يحصل عليه عمليًا ويبين الأطوال الموجية لإشعاع معين ، أو يبين ما يحتويه إشعاع من جسيمات تختلف فيما بينها من حيث الكتلة ، أو نسبة الشحنة إلى الكتلة ، أو من حيث طاقة الحركة . معجم الفيزياء - أكاديميا -١٩٩٢

(٢) بولكس : نجم برتقالى ساطع ، وهو النجم العملاق الأقرب للأرض ويبعد عنها ١١ فرسخًا نجميًا ويوجد فى كوكبة الجوزاء . قاموس الفلك والفضائيات المصور .

(٣) فومالهوت : نجم ساطع فى نصف الكرة الجنوبى يوجد فى كوكبة الحوت ، ويبعد سبعة فراسخ نجمية . قاموس الفلك .

(٤) الشعرى الشامية : ثامن أسطع نجوم السماء فى كوكبة الكلب الأصغر. وتسمى أيضا Alpha Canis Minoris . قاموس الفلك والفضائيات المصور . مكتبة لبنان ١٩٨٨

(٥) سحابة مجلان الكبرى : مجرة غير منتظمة فى كوكبة "أبو سيف" فيها حوالى ١٠٠٠٠ مليون نجم . قاموس سابق ذكره .

(٦) حشد كروى (قنو كروى) : حشد كروى من مئات آلاف النجوم الكثيفة المتراصة. قاموس الفلك والفضائيات المصور. مكتبة لبنان ١٩٨٨

(٧) شبه نجم : جرم عالى الإزاحة الحمراء قصى جداً ذو طاقة عالية جدا نسبياً. قاموس سبق ذكره .

(٨) الفرسخ النجمى : هو البعد الذى يكون عليه اختلاف منظر النجم مساوياً ثانية قوسية (يساوى ٣٢٦١٦ سنة ضوئية) قاموس الفلك المصور .

المؤلف فى سطور :

ولد عظيموف فى الثانى من يناير ١٩٢٠ ، فى مدينة بتروفيتشى التى تتبع روسيا حاليا ، ورحلت أسرته من الاتحاد السوفييتى فى ١١ يناير سنة ١٩٢٣ ، واستقرت فى مدينة نيويورك فى ٣٠ فبراير من نفس العام .

تزوج إسحاق عظيموف من جرتريود بلوجرمان فى ١٩٤٢/٤/٢٦ . ورزقا بابن سمياه دافيد (ولد سنة ١٩٥١) وابنة روبين جون (ولدت سنة ١٩٥٥) ، وقد تم انفصالهما عام ١٩٧٠

بدأ إسحاق عظيموف تعليمه الرسمى فى نيويورك ، حتى أكمل دراسته الثانوية عام ١٩٣٢ ، وحصل على درجة البكالوريوس فى الكيمياء سنة ١٩٣٩ من جامعة كولومبيا، وعلى درجة الماجستير فى الكيمياء سنة ١٩٤١ ، وعلى درجة الدكتوراه فى الكيمياء الحيوية سنة ١٩٤٨ من جامعة كولومبيا، وقد تأخر نيله درجة الدكتوراه بسبب دخوله الحرب فى الفترة من ١٩٤٢ - ١٩٤٦

عمل مدرسًا للكيمياء الحيوية فى جامعة بوسطن عام ١٩٥١ ، ورُقِّى إلى درجة أستاذ مساعد عام ١٩٥١ ، ورقى إلى درجة أستاذ مشارك عام ١٩٥٥ ، وحصل على درجة أستاذ فى سنة ١٩٧٩

لم تكن لإسحاق عظيموف أية معتقدات دينية ، ولم يكن يؤمن بوجود إله أو حياة آخرة . وكان يؤمن بالفلسفة الإنسانية ، وكان يعتقد أن البشر مسئولين عن كل المشاكل فى المجتمع ، ومسئولين عن الإنجازات العظيمة طوال التاريخ ، ومن وجهة نظره أن الخير والشر لا يأتيان من قوة خارقة للطبيعة . وأن مشاكل البشرية يمكن أن تحل دون تدخل هذه القوى الخارقة للطبيعة .

وللكاتب إسحاق عظيموف العديد من كتب تبسيط العلوم نذكر منها :

- "أفكار العلم العظيمة" ، الذى قمت بترجمته ونشرته الهيئة العامة للكتاب عام ١٩٩٧ ، وكتاب "الشموس المتفجرة " ، الذى ترجمه الدكتور سيد عطا ، وصدر عن هيئة الكتاب عام ١٩٩٤

توفى عظيموف فى السادس من أبريل ١٩٩٢ متأثرًا بأزمة قلبية وفشل كلوى ، وأُحرق جسده ولم يدفن رماده.

المترجم فى سطور :

مهندس هاشم أحمد محمد

* مهندس مدني عمل بالعديد من شركات المقاولات والمكاتب الاستشارية

* درس الترجمة التحريرية فى الجامعة الأمريكية بالقاهرة

* ترجم العديد من المقالات العلمية لمجلة العلم

* ترجم لسلسة الألف كتاب الثاني: معجم التكنولوجيا الحيوية، الدقائق الثلاث الأخيرة، أفكار العلم العظيمة، جوهر الطبيعة، أسرار الكيمياء

* شارك فى موسوعة الطفل

* ترجم لسلسلة العلم والحياة: قراءة فى عالم المستقبل (وحصل على جائزة السيدة سوزان مبارك عام ١٩٩٦) ، أسرار الأرض، أسرار جسم الإنسان، أسرار عالم الحيوان ، أسرار ، مغامرات مدهشة ، عالم الفنون ، أسرار التاريخ .

* ألف سلسة علوم وعلماء من ستة عشر عنوانًا

* ترجم للمجلس الأعلى للثقافة : حروب المياه والصراعات القادمة فى الشرق الأوسط (١٩٩٩) .

* ترجم للمجلس الأعلى للثقافة : القوى الأربع الأساسية فى الكون (٢٠٠٣) .

المراجع فى سطور :

د. عبد الرحمن عبد الله الشيخ .

– دكتوراه فى التاريخ – جامعة القاهرة ١٩٨٠ .

– عمل بالتدريس فى جامعة الكويت (محاضراً) وفى الجامعة الملك سعود (استاذا للتاريخ الحديث) .

– عمل خبيرا للوثائق والمعلومات بالمكتبة السعودية الوطنية .

– شارك فى الإشراف الأكاديمى على ترجمة الموسوعة الإسلامية ، الهيئة المصرية العامة للكتاب .

– مترجم مشارك (موسوعة الطفل / موسوعة جينس) .

– مترجم سلسلة الرحلات (الألف كتاب) ومجموعة منتجرى وات عن الإسلام .

– من أهم ترجماته (قصة الحضارة – المجلد ||) للمجمع الثقافى بأبى ظبى .

المشروع القومى للترجمة

المشروع القومى للترجمة مشروع تنمية ثقافية بالدرجة الأولى ، ينطلق من الإيجابيات التى حققتها مشروعات الترجمة التى سبقته فى مصر والعالم العربى ويسعى إلى الإضافة بما يفتح الأفق على وعود المستقبل، معتمداً المبادئ التالية :

١- الخروج من أسر المركزية الأوروبية وهيمنة اللغتين الإنجليزية والفرنسية .

٢- التوازن بين المعارف الإنسانية فى المجالات العلمية والفنية والفكرية والإبداعية .

٣- الانحياز إلى كل ما يؤسس لأفكار التقدم وحضور العلم وإشاعة العقلانية والتشجيع على التجريب .

٤- ترجمة الأصول المعرفية التى أصبحت أقرب إلى الإطار المرجعى فى الثقافة الإنسانية المعاصرة، جنباً إلى جنب المنجزات الجديدة التى تضع القارئ فى القلب من حركة الإبداع والفكر العالميين .

٥- العمل على إعداد جيل جديد من المترجمين المتخصصين عن طريق ورش العمل بالتنسيق مع لجنة الترجمة بالمجلس الأعلى للثقافة .

٦- الاستعانة بكل الخبرات العربية وتنسيق الجهود مع المؤسسات المعنية بالترجمة .

المشروع القومى للترجمة

١ – اللغة العليا (طبعة ثانية)	جون كوين	ت : أحمد درويش
٢ – الوثنية والإسلام	ك. مادهو بانيكار	ت : أحمد فؤاد بلبع
٣ – التراث المسروق	جورج جيمس	ت : شوقى جلال
٤ – كيف تتم كتابة السيناريو	انجا كاريتنكوفا	ت : أحمد الحضرى
٥ – ثريا فى غيبوبة	إسماعيل فصيح	ت : محمد علاء الدين منصور
٦ – اتجاهات البحث اللسانى	ميلكا إفيتش	ت : سعد مصلوح / وفاء كامل فايد
٧ – العلوم الإنسانية والفلسفة	لوسيان غولدمان	ت : يوسف الأنطكى
٨ – مشعلو الحرائق	ماكس فريش	ت : مصطفى ماهر
٩ – التغيرات البيئية	أندرو س. جودى	ت : محمود محمد عاشور
١٠ – خطاب الحكاية	جيرار جينيت	ت : محمد معتصم وعبد الجليل الأزدى وعمر حلى
١١ – مختارات	فيسوافا شيمبوريسكا	ت : هناء عبد الفتاح
١٢ – طريق الحرير	ديفيد براونيستون وايرين فرانك	ت : أحمد محمود
١٣ – ديانة الساميين	روبرتسن سميث	ت : عبد الوهاب علوب
١٤ – التحليل النفسى والأدب	جان بيلمان نويل	ت : حسن المودن
١٥ – الحركات الفنية	إدوارد لويس سميث	ت : أشرف رفيق عفيفى
١٦ – أثينة السوداء	مارتن برنال	ت : بإشراف / أحمد عتمان
١٧ – مختارات	فيليب لاركين	ت : محمد مصطفى بدوى
١٨ – الشعر النسائى فى أمريكا اللاتينية	مختارات	ت : طلعت شاهين
١٩ – الأعمال الشعرية الكاملة	جورج سفيريس	ت : نعيم عطية
٢٠ – قصة العلم	ج. ج. كراوثر	ت: يمنى طريف الخولى / بدوى عبد الفتاح
٢١ – خوخة وألف خوخة	صمد بهرنجى	ت : ماجدة العنانى
٢٢ – مذكرات رحالة عن المصريين	جون أنتيس	ت : سيد أحمد على الناصرى
٢٣ – تجلى الجميل	هانز جيورج جادامر	ت : سعيد توفيق
٢٤ – ظلال المستقبل	باتريك بارندر	ت : بكر عباس
٢٥ – مثنوى	مولانا جلال الدين الرومى	ت : إبراهيم الدسوقى شتا
٢٦ – دين مصر العام	محمد حسين هيكل	ت : أحمد محمد حسين هيكل
٢٧ – التنوع البشرى الخلاق	مقالات	ت : نخبة
٢٨ – رسالة فى التسامح	جون لوك	ت : منى أبو سنه
٢٩ – الموت والوجود	جيمس ب. كارس	ت : بدر الديب
٣٠ – الوثنية والإسلام (ط٢)	ك. مادهو بانيكار	ت : أحمد فؤاد بلبع
٣١ – مصادر دراسة التاريخ الإسلامى	جان سوفاجيه – كلود كاين	ت : عبد الستار الحلوجى / عبد الوهاب علوب
٣٢ – الانقراض	ديفيد روس	ت : مصطفى إبراهيم فهمى
٣٣ – التاريخ الاقتصادى لأفريقيا الغربية	أ. ج. هوبكنز	ت : أحمد فؤاد بلبع
٣٤ – الرواية العربية	روجر آلن	ت : حصة إبراهيم المنيف
٣٥ – الأسطورة والحداثة	بول . ب . ديكسون	ت : خليل كلفت

٣٦ – نظريات السرد الحديثة	والاس مارتن	ت : حياة جاسم محمد
٣٧ – واحة سيوة وموسيقاها	بريجيت شيفر	ت : جمال عبد الرحيم
٣٨ – نقد الحداثة	آلن تورين	ت : أنور مغيث
٣٩ – الإغريق والحسد	بيتر والكوت	ت : منيرة كروان
٤٠ – قصائد حب	آن سكستون	ت : محمد عيد إبراهيم
٤١ – ما بعد المركزية الأوربية	بيتر جران	ت : عاطف أحمد / إبراهيم فتحى / محمود ماجد
٤٢ – عالم ماك	بنجامين باربر	ت : أحمد محمود
٤٣ – اللهب المزدوج	أوكتافيو باث	ت : المهدى أخريف
٤٤ – بعد عدة أصياف	ألدوس هكسلى	ت : مارلين تادرس
٤٥ – التراث المغدور	روبرت ج دنيا – جون ف أ فاين	ت : أحمد محمود
٤٦ – عشرون قصيدة حب	بابلو نيرودا	ت : محمود السيد على
٤٧ – تاريخ النقد الأدبى الحديث جـ١	رينيه ويليك	ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد
٤٨ – حضارة مصر الفرعونية	فرانسوا دوما	ت : ماهر جويجاتى
٤٩ – الإسلام فى البلقان	هـ . ت . نوريس	ت : عبد الوهاب علوب
٥٠ – ألف ليلة وليلة أو القول الأسير	جمال الدين بن الشيخ	ت : محمد برادة وعثمانى الميلود ويوسف الأنطكى
٥١ – مسار الرواية الإسبانو أمريكية	داريو بيانويبا وخ. م بينياليستى	ت : محمد أبو العطا
٥٢ – العلاج النفسى التدعيمى	بيتر . ن . نوفاليس وستيفن . ج . روجسيفيتز وروجر بيل	ت : لطفى فطيم وعادل دمرداش
٥٣ – الدراما والتعليم	أ . ف . ألنجتون	ت : مرسى سعد الدين
٥٤ – المفهوم الإغريقى للمسرح	ج . مايكل والتون	ت : محسن مصيلحى
٥٥ – ما وراء العلم	چون بولكنجهوم	ت : على يوسف على
٥٦ – الأعمال الشعرية الكاملة (١)	فديريكو غرسية لوركا	ت : محمود على مكى
٥٧ – الأعمال الشعرية الكاملة (٢)	فديريكو غرسية لوركا	ت : محمود السيد ، ماهر البطوطى
٥٨ – مسرحيتان	فديريكو غرسية لوركا	ت : محمد أبو العطا
٥٩ – المحبرة	كارلوس مونييث	ت : السيد السيد سهيم
٦٠ – التصميم والشكل	جوهانز ايتين	ت : صبرى محمد عبد الغنى
٦١ – موسوعة علم الإنسان	شارلوت سيمور – سميث	مراجعة وإشراف : محمد الجوهرى
٦٢ – لذّة النّص	رولان بارت	ت : محمد خير البقاعى .
٦٣ – تاريخ النقد الأدبى الحديث جـ٢	رينيه ويليك	ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد
٦٤ – برتراند راسل (سيرة حياة)	آلان وود	ت : رمسيس عوض .
٦٥ – فى مدح الكسل ومقالات أخرى	برتراند راسل	ت : رمسيس عوض .
٦٦ – خمس مسرحيات أندلسية	أنطونيو جالا	ت : عبد اللطيف عبد الحليم
٦٧ – مختارات	فرناندو بيسوا	ت : المهدى أخريف
٦٨ – نتاشا العجوز وقصص أخرى	فالنتين راسبوتين	ت : أشرف الصباغ
٦٩ – العالم الإسلامى فى أوائل القرن العشرين	عبد الرشيد إبراهيم	ت : أحمد فؤاد متولى وهويدا محمد فهمى
٧٠ – ثقافة وحضارة أمريكا اللاتينية	أوخينيو تشانغ رودريجث	ت : عبد الحميد غلاب وأحمد حشاد
٧١ – السيدة لا تصلح إلا للرمى	داريو فو	ت : حسين محمود

٧٢ – السياسى العجوز	ت . س . إليوت	ت : فؤاد مجلى
٧٣ – نقد استجابة القارئ	چين . ب . توميكنز	ت : حسن ناظم وعلى حاكم
٧٤ – صلاح الدين والمماليك فى مصر	ل . ا . سيمينوڤا	ت : حسن بيومى
٧٥ – فن التراجم والسير الذاتية	أندريه موروا	ت : أحمد درويش
٧٦ – چاك لاكان وإغواء التحليل النفسى	مجموعة من الكتاب	ت : عبد المقصود عبد الكريم
٧٧ – تاريخ النقد الأدبى الحديث ج ٣	رينيه ويليك	ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد
٧٨ – العولمة : النظرية الاجتماعية والثقافة الكونية	رونالد روبرتسون	ت : أحمد محمود ونورا أمين
٧٩ – شعرية التأليف	بوريس أوسبنسكى	ت : سعيد الغانمى وناصر حلاوى
٨٠ – بوشكين عند «نافورة الدموع»	ألكسندر بوشكين	ت : مكارم الغمرى
٨١ – الجماعات المتخيلة	بندكت أندرسن	ت : محمد طارق الشرقاوى
٨٢ – مسرح ميجيل	ميجيل دى أونامونو	ت : محمود السيد على
٨٣ – مختارات	غوتفريد بن	ت : خالد المعالى
٨٤ – موسوعة الأدب والنقد	مجموعة من الكتاب	ت : عبد الحميد شيحة
٨٥ – منصور الحلاج (مسرحية)	صلاح زكى أقطاى	ت : عبد الرازق بركات
٨٦ – طول الليل	جمال مير صادقى	ت : أحمد فتحى يوسف شتا
٨٧ – نون والقلم	جلال آل أحمد	ت : ماجدة العنانى
٨٨ – الابتلاء بالتغرب	جلال آل أحمد	ت : إبراهيم الدسوقى شتا
٨٩ – الطريق الثالث	أنتونى جيدنز	ت : أحمد زايد ومحمد محيى الدين
٩٠ – وسم السيف (قصص)	نخبة من كُتاب أمريكا اللاتينية	ت : محمد إبراهيم مبروك
٩١ – المسرح والتجريب بين النظرية والتطبيق	باربر الاسوستكا	ت : محمد هناء عبد الفتاح
٩٢ – أساليب ومضامين المسرح الإسبانوأمريكى المعاصر	كارلوس ميجيل	ت : نادية جمال الدين
٩٣ – محدثات العولمة	مايك فيذرستون وسكوت لاش	ت : عبد الوهاب علوب
٩٤ – الحب الأول والصحبة	صمويل بيكيت	ت : فوزية العشماوى
٩٥ – مختارات من المسرح الإسبانى	أنطونيو بويرو باييخو	ت : سرى محمد محمد عبد اللطيف
٩٦ – ثلاث زنبقات ووردة	قصص مختارة	ت : إدوار الخراط
٩٧ – هوية فرنسا (المجلد الأول)	فرنان برودل	ت : بشير السباعى
٩٨ – الهم الإنسانى والابتزاز الصهيونى	نماذج ومقالات	ت : أشرف الصباغ
٩٩ – تاريخ السينما العالمية	ديڤيد روبنسون	ت : إبراهيم قنديل
١٠٠ – مساءلة العولمة	بول هيرست وجراهام تومبسون	ت : إبراهيم فتحى
١٠١ – النص الروائى (تقنيات ومناهج)	بيرنار فاليط	ت : رشيد بنحدو
١٠٢ – السياسة والتسامح	عبد الكريم الخطيبى	ت : عز الدين الكتانى الإدريسى
١٠٣ – قبر ابن عربى يليه آياء	عبد الوهاب المؤدب	ت : محمد بنيس
١٠٤ – أوبرا ماهوجنى	برتولت بريشت	ت : عبد الغفار مكاوى
١٠٥ – مدخل إلى النص الجامع	چيرارچينيت	ت : عبد العزيز شبيل
١٠٦ – الأدب الأندلسى	د. ماريا خيسوس روبييرامتى	ت : أشرف على دعدور
١٠٧ – صورة الفدائى فى الشعر الأمريكى المعاصر	نخبة	ت : محمد عبد الله الجعيدى

١٠٨ – ثلاث دراسات عن الشعر الأندلسي	مجموعة من النقاد	ت : محمود علي مكي
١٠٩ – حروب المياه	چون بولوك وعادل درويش	ت : هاشم أحمد محمد
١١٠ – النساء في العالم النامي	حسنة بيجوم	ت : منى قطان
١١١ – المرأة والجريمة	فرانسيس هيندسون	ت : ريهام حسين إبراهيم
١١٢ – الاحتجاج الهادئ	أرلين علوي ماكليود	ت : إكرام يوسف
١١٣ – راية التمرد	سادي پلانت	ت : أحمد حسان
١١٤ – مسرحيتا حصاد كونجي وسكان المستنقع	وول شوينكا	ت : نسيم مجلي
١١٥ – غرفة تخص المرء وحده	فرچينيا وولف	ت : سمية رمضان
١١٦ – امرأة مختلفة (درية شفيق)	سينثيا نلسون	ت : نهاد أحمد سالم
١١٧ – المرأة والجنوسة في الإسلام	ليلى أحمد	ت : منى إبراهيم ، وهالة كمال
١١٨ – النهضة النسائية في مصر	بث بارون	ت : لميس النقاش
١١٩ – النساء والأسرة وقوانين الطلاق	أميرة الأزهري سنبل	ت : بإشراف/ رؤوف عباس
١٢٠ – الحركة النسائية والتطور في الشرق الأوسط	ليلى أبو لغد	ت : نخبة من المترجمين
١٢١ – الدليل الصغير في كتابة المرأة العربية	فاطمة موسى	ت : محمد الجندي ، وإيزابيل كمال
١٢٢ – نظام العبودية القديم ونموذج الإنسان	جوزيف فوجت	ت : منيرة كروان
١٢٣ – الإمبراطورية العثمانية وعلاقاتها الدولية	نيئل الكسندر وفنادولينا	ت: أنور محمد إبراهيم
١٢٤ – الفجر الكاذب	چون جراي	ت : أحمد فؤاد بلبع
١٢٥ – التحليل الموسيقي	سيدريك ثورپ ديڤي	ت : سمحه الخولي
١٢٦ – فعل القراءة	ڤولڤانج إيسر	ت : عبد الوهاب علوب
١٢٧ – إرهاب	صفاء فتحي	ت : بشير السباعي
١٢٨ – الأدب المقارن	سوزان باسنيت	ت : أميرة حسن نويرة
١٢٩ – الرواية الاسبانية المعاصرة	ماريا دولورس أسيس جاروته	ت : محمد أبو العطا وآخرون
١٣٠ – الشرق يصعد ثانية	أندريه جوندر فرانك	ت : شوقي جلال
١٣١ – مصر القديمة (التاريخ الاجتماعي)	مجموعة من المؤلفين	ت : لويس بقطر
١٣٢ – ثقافة العولمة	مايك فيذرستون	ت : عبد الوهاب علوب
١٣٣ – الخوف من المرايا	طارق علي	ت : طلعت الشايب
١٣٤ – تشريح حضارة	باري ج. كيمب	ت : أحمد محمود
١٣٥ – المختار من نقد ت. س. إليوت (ثلاثة أجزاء)	ت. س. إليوت	ت : ماهر شفيق فريد
١٣٦ – فلاحو الباشا	كينيث كونو	ت : سحر توفيق
١٣٧ – مذكرات ضابط في الحملة الفرنسية	چوزيف ماري مواريه	ت : كاميليا صبحي
١٣٨ – عالم التليفزيون بين الجمال والعنف	إيڤلينا تاروني	ت : وجيه سمعان عبد المسيح
١٣٩ – پارسيڤال	ريشارد ڤاچنر	ت : مصطفى ماهر
١٤٠ – حيث تلتقي الأنهار	هربرت ميسن	ت : أمل الجبوري
١٤١ – اثنتا عشرة مسرحية يونانية	مجموعة من المؤلفين	ت : نعيم عطية
١٤٢ – الإسكندرية : تاريخ ودليل	أ. م. فورستر	ت : حسن بيومي
١٤٣ – قضايا التنظير في البحث الاجتماعي	ديريك لايدار	ت : عدلي السمري
١٤٤ – صاحبة اللوكاندة	كارلو جولدوني	ت : سلامة محمد سليمان

١٤٥ – موت أرتيميو كروث	كارلوس فوينتس	ت : أحمد حسان
١٤٦ – الورقة الحمراء	ميجيل دى ليبس	ت : على عبد الرؤوف اليمبى
١٤٧ – خطبة الإدانة الطويلة	تانكريد دورست	ت : عبد الغفار مكاوى
١٤٨ – القصة القصيرة (النظرية والتقنية)	إنريكى أندرسون إمبرت	ت : على إبراهيم على منوفى
١٤٩ – النظرية الشعرية عند إليوت وأدونيس	عاطف فضول	ت : أسامة إسبر
١٥٠ – التجربة الإغريقية	روبرت ج. ليتمان	ت: منيرة كروان
١٥١ – هوية فرنسا (مج ٢ ، ج ١)	فرنان برودل	ت : بشير السباعى
١٥٢ – عدالة الهنود وقصص أخرى	نخبة من الكُتاب	ت : محمد محمد الخطابى
١٥٣ – غرام الفراعنة	فيولين فانويك	ت : فاطمة عبد الله محمود
١٥٤ – مدرسة فرانكفورت	فيل سليتر	ت : خليل كلفت
١٥٥ – الشعر الأمريكى المعاصر	نخبة من الشعراء	ت : أحمد مرسى
١٥٦ – المدارس الجمالية الكبرى	جى أنبال وآلان وأوديت ڤيرمو	ت : مى التلمسانى
١٥٧ – خسرو وشيرين	النظامى الكنوجى	ت : عبد العزيز بقوش
١٥٨ – هوية فرنسا (مج ٢ ، ج٢)	فرنان برودل	ت : بشير السباعى
١٥٩ – الإيديولوجية	ديڤيد هوكس	ت : إبراهيم فتحى
١٦٠ – آلة الطبيعة	بول إيرليش	ت : حسين بيومى
١٦١ – من المسرح الإسبانى	اليخاندرو كاسونا وأنطونيو جالا	ت : زيدان عبد الحليم زيدان
١٦٢ – تاريخ الكنيسة	يوحنا الآسيوى	ت : صلاح عبد العزيز محجوب
١٦٣ – موسوعة علم الاجتماع ج ١	جوردون مارشال	ت بإشراف : محمد الجوهرى
١٦٤ – شامبوليون (حياة من نور)	چان لاكوتير	ت : نبيل سعد
١٦٥ – حكايات الثعلب	أ . ن أفانا سيفا	ت : سهير المصادفة
١٦٦ – العلاقات بين المتدينين والعلمانيين فى إسرائيل	يشعياهو ليڤمان	ت : محمد محمود أبو غدير
١٦٧ – فى عالم طاغور	رابندرانات طاغور	ت : شكرى محمد عياد
١٦٨ – دراسات فى الأدب والثقافة	مجموعة من المؤلفين	ت : شكرى محمد عياد
١٦٩ – إبداعات أدبية	مجموعة من المبدعين	ت : شكرى محمد عياد
١٧٠ – الطريق	ميغيل دليبيس	ت : بسام ياسين رشيد
١٧١ – وضع حد	فرانك بيجو	ت : هدى حسين
١٧٢ – حجر الشمس	مختارات	ت : محمد محمد الخطابى
١٧٣ – معنى الجمال	ولتر ت . ستيس	ت : إمام عبد الفتاح إمام
١٧٤ – صناعة الثقافة السوداء	ايليس كاشمور	ت : أحمد محمود
١٧٥ – التليفزيون فى الحياة اليومية	لورينزو فيلشس	ت : وجيه سمعان عبد المسيح
١٧٦ – نحو مفهوم للاقتصاديات البيئية	توم تيتنبرج	ت : جلال البنا
١٧٧ – أنطون تشيخوف	هنرى ترويا	ت : حصة إبراهيم منيف
١٧٨ – مختارات من الشعر اليونانى الحديث	نخبة من الشعراء	ت : محمد حمدى إبراهيم
١٧٩ – حكايات أيسوب	أيسوب	ت : إمام عبد الفتاح إمام
١٨٠ – قصة جاويد	إسماعيل فصيح	ت : سليم عبدالأمير حمدان
١٨١ – النقد الأدبى الأمريكى	فنسنت . ب . ليتش	ت : محمد يحيى

١٨٢ – العنف والنبوءة	و . ب . ييتس	ت : ياسين طه حافظ
١٨٣ – چان كوكتو على شاشة السينما	رينيه چيلسون	ت : فتحي العشرى
١٨٤ – القاهرة .. حالمة لا تنام	هانز إيندورفر	ت : دسوقى سعيد
١٨٥ – أسفار العهد القديم	توماس تومسن	ت : عبد الوهاب علوب
١٨٦ – معجم مصطلحات هيجل	ميخائيل أنوود	ت : إمام عبد الفتاح إمام
١٨٧ – الأرضة	بُزُرْج علَوى	ت : علاء منصور
١٨٨ – موت الأدب	الڤين كرنان	ت : بدر الديب
١٨٩ – العمى والبصيرة	پول دى مان	ت : سعيد الغانمى
١٩٠ – محاورات كونفوشيوس	كونفوشيوس	ت : محسن سيد فرجانى
١٩١ – الكلام رأسمال	الحاج أبو بكر إمام	ت : مصطفى حجازى السيد
١٩٢ – سياحت نامه إبراهيم بك جـ١	زين العابدين المراغى	ت : محمود سلامة علاوى
١٩٣ – عامل المنجم	بيتر أبراهامز	ت : محمد عبد الواحد محمد
١٩٤ – مختارات من النقد الأنجلو – أمريكى	مجموعة من النقاد	ت : ماهر شفيق فريد
١٩٥ – شتاء ٨٤	إسماعيل فصيح	ت : محمد علاء الدين منصور
١٩٦ – المهلة الأخيرة	فالنتين راسبوتين	ت : أشرف الصباغ
١٩٧ – الفاروق	شمس العلماء شبلى النعمانى	ت : جلال السعيد الحفناوى
١٩٨ – الاتصال الجماهيرى	إدوين إمرى وآخرون	ت : إبراهيم سلامة إبراهيم
١٩٩ – تاريخ يهود مصر فى الفترة العثمانية	يعقوب لانداوى	ت : جمال أحمد الرفاعى وأحمد عبد اللطيف حماد
٢٠٠ – ضحايا التنمية	جيرمى سيبروك	ت : فخرى لبيب
٢٠١ – الجانب الدينى للفلسفة	جوزايا رويس	ت : أحمد الأنصارى
٢٠٢ – تاريخ النقد الأدبى الحديث جـ٤	رينيه ويليك	ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد
٢٠٣ – الشعر والشاعرية	ألطاف حسين حالى	ت : جلال السعيد الحفناوى
٢٠٤ – تاريخ نقد العهد القديم	زالمان شازار	ت : أحمد محمود هويدى
٢٠٥ – الجينات والشعوب واللغات	لويجى لوقا كافاللى – سفورزا	ت : أحمد مستجير
٢٠٦ – الهيولية تصنع علماً جديداً	جيمس جلايك	ت : على يوسف على
٢٠٧ – ليل إفريقى	رامون خوتاسندير	ت : محمد أبو العطا عبد الرؤوف
٢٠٨ – شخصية العربى فى المسرح الإسرائيلى	دان أوريان	ت : محمد أحمد صالح
٢٠٩ – السرد والمسرح	مجموعة من المؤلفين	ت : أشرف الصباغ
٢١٠ – مثنويات حكيم سنائى	سنائى الغزنوى	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٢١١ – فردينان دوسوسير	جوناثان كلر	ت : محمود حمدى عبد الغنى
٢١٢ – قصص الأمير مرزبان	مرزبان بن رستم بن شروين	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٢١٣ – مصر منذ قدوم نابليون حتى رحيل عبد الناصر	ريمون فلاور	ت : سيد أحمد على الناصرى
٢١٤ – قواعد جديدة للمنهج فى علم الاجتماع	أنتونى جيدنز	ت : محمد محمود محى الدين
٢١٥ – سياحت نامه إبراهيم بك جـ٢	زين العابدين المراغى	ت : محمود سلامة علاوى
٢١٦ – جوانب أخرى من حياتهم	مجموعة من المؤلفين	ت : أشرف الصباغ
٢١٧ – مسرحيتان طليعيتان	صمويل بيكيت	ت : نادية البنهاوى
٢١٨ – رايولا	خوليو كورتازان	ت : على إبراهيم على منوفى

٢١٩ – بقايا اليوم	كازو ايشجورو	ت : طلعت الشايب
٢٢٠ – الهيولية فى الكون	بارى باركر	ت : على يوسف على
٢٢١ – شعرية كفافى	جريجورى جوزدانيس	ت : رفعت سلام
٢٢٢ – فرانز كافكا	رونالد جراى	ت : نسيم مجلى
٢٢٣ – العلم فى مجتمع حر	بول فيرابنر	ت : السيد محمد نفادى
٢٢٤ – دمار يوغسلافيا	برانكا ماجاس	ت : منى عبد الظاهر إبراهيم السيد
٢٢٥ – حكاية غريق	جابرييل جارثيا ماركث	ت : السيد عبد الظاهر عبد الله
٢٢٦ – أرض المساء وقصائد أخرى	ديفيد هربت لورانس	ت : طاهر محمد على البربرى
٢٢٧ – المسرح الإسبانى فى القرن السابع عشر	موسى ماريديا ديف بوركى	ت : السيد عبد الظاهر عبد الله
٢٢٨ – علم الجمالية وعلم اجتماع الفن	جانيت وولف	ت : مارى تيريز عبد المسيح وخالد حسن
٢٢٩ – مأزق البطل الوحيد	نورمان كيمان	ت : أمير إبراهيم العمرى
٢٣٠ – عن الذباب والفئران والبشر	فرانسواز جاكوب	ت : مصطفى إبراهيم فهمى
٢٣١ – الدرافيل	خايمى سالوم بيدال	ت : جمال أحمد عبد الرحمن
٢٣٢ – مابعد المعلومات	توم ستينر	ت : مصطفى إبراهيم فهمى
٢٣٣ – فكرة الاضمحلال	أرثر هيرمان	ت : طلعت الشايب
٢٣٤ – الإسلام فى السودان	ج. سبنسر تريمنجهام	ت : فؤاد محمد عكود
٢٣٥ – ديوان شمس تبريزى ج١	جلال الدين الرومى	ت : إبراهيم الدسوقى شتا
٢٣٦ – الولاية	ميشيل تود	ت : أحمد الطيب
٢٣٧ – مصر أرض الوادى	روبين فيدين	ت : عنايات حسين طلعت
٢٣٨ – العولمة والتحرير		ت : ياسر محمد جاد الله وعربى مدبولى أحمد
٢٣٩ – العربى فى الأدب الإسرائيلى	جيلارافر – رابوخ	ت : نادية سليمان حافظ وإيهاب صلاح فايق
٢٤٠ – الإسلام والغرب وإمكانية الحوار	كامى حافظ	ت : صلاح عبد العزيز محمود
٢٤١ – فى انتظار البرابرة	ك. م كويتز	ت : ابتسام عبد الله سعيد
٢٤٢ – سبعة أنماط من الغموض	وليام إمبسون	ت : صبرى محمد حسن عبد النبى
٢٤٣ – تاريخ إسبانيا الإسلامية (مج ١)	ليفى بروفنسال	ت : مجموعة من المترجمين
٢٤٤ – الغليان	لاورا إسكيبيل	ت : نادية جمال الدين محمد
٢٤٥ – نساء مقاتلات	إليزابيتا أديس	ت : توفيق على منصور
٢٤٦ – قصص مختارة	جابرييل جرثيا ماركث	ت : على إبراهيم على منوفى
٢٤٧ – الثقافة الجماهيرية والحداثة فى مصر	وولتر أرمبرست	ت : محمد الشرقاوى
٢٤٨ – حقول عدن الخضراء	أنطونيو جالا	ت : عبد اللطيف عبد الحليم
٢٤٩ – لغة التمزق	دراجو شتامبوك	ت : رفعت سلام
٢٥٠ – علم اجتماع العلوم	دومنيك فينك	ت : ماجدة أباظة
٢٥١ – موسوعة علم الاجتماع ج ٢	جوردون مارشال	ت بإشراف : محمد الجوهرى
٢٥٢ – رائدات الحركة النسوية المصرية	مارجو بدران	ت : على بدران
٢٥٣ – تاريخ مصر الفاطمية	ل. أ. سيمينوفا	ت : حسن بيومى
٢٥٤ – الفلسفة	ديف روبنسون وجودى جروفز	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٢٥٥ – أفلاطون	ديف روبنسون وجودى جروفز	ت : إمام عبد الفتاح إمام

٢٥٦ – ديكارت	ديف روبنسون وجودى جروفز	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٢٥٧ – تاريخ الفلسفة الحديثة	وليم كلى رايت	ت : محمود سيد أحمد
٢٥٨ – الغجر	سير أنجوس فريزر	ت : عُبادة كُحيلة
٢٥٩ – مختارات من الشعر الأرمنى	نخبة	ت : ڤاروجان كازانجيان
٢٦٠ – موسوعة علم الاجتماع ج٣	جوردون مارشال	ت بإشراف : محمد الجوهرى
٢٦١ – رحلة فى فكر زكى نجيب محمود	زكى نجيب محمود	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٢٦٢ – مدينة المعجزات	إدوارد مندوثا	ت : محمد أبو العطا عبد الرؤوف
٢٦٣ – الكشف عن حافة الزمن	جون جريبن	ت : على يوسف على
٢٦٤ – إبداعات شعرية مترجمة	هوراس / شلى	ت : لويس عوض
٢٦٥ – روايات مترجمة	أوسكار وايلد وصموئيل جونسون	ت : لويس عوض
٢٦٦ – مدير المدرسة	جلال آل أحمد	ت : عادل عبد المنعم سويلم
٢٦٧ – فن الرواية	ميلان كونديرا	ت : بدر الدين عرودكى
٢٦٨ – ديوان شمس تبريزى ج٢	جلال الدين الرومى	ت : إبراهيم الدسوقى شتا
٢٦٩ – وسط الجزيرة العربية وشرقها ج١	وليم جيفور بالجريف	ت : صبرى محمد حسن
٢٧٠ – وسط الجزيرة العربية وشرقها ج٢	وليم جيفور بالجريف	ت : صبرى محمد حسن
٢٧١ – الحضارة الغربية	توماس سى . باترسون	ت : شوقى جلال
٢٧٢ – الأديرة الأثرية فى مصر	س. س. والترز	ت : إبراهيم سلامة
٢٧٣ – الاستعمار والثورة فى الشرق الأوسط	جوان آر. لوك	ت : عنان الشهاوى
٢٧٤ – السيدة بربارا	رومولو جلاجوس	ت : محمود على مكى
٢٧٥ – ت. س. إليوت شاعراً وناقداً وكاتباً مسرحياً	أقلام مختلفة	ت : ماهر شفيق فريد
٢٧٦ – فنون السينما	فرانك جوتيران	ت : عبد القادر التلمسانى
٢٧٧ – الجينات : الصراع من أجل الحياة	بريان فورد	ت : أحمد فوزى
٢٧٨ – البدايات	إسحق عظيموف	ت : ظريف عبد الله
٢٧٩ – الحرب الباردة الثقافية	فرانسيس ستونر سوندرز	ت : طلعت الشايب
٢٨٠ – من الأدب الهندى الحديث والمعاصر	بريم شند وآخرون	ت : سمير عبد الحميد
٢٨١ – الفردوس الأعلى	مولانا عبد الحليم شرر الكهنوى	ت : جلال الحفناوى
٢٨٢ – طبيعة العلم غير الطبيعية	لويس ولبيرت	ت : سمير حنا صادق
٢٨٣ – السهل يحترق	خوان رولفو	ت : على البمبى
٢٨٤ – هرقل مجنوناً	يوريبيدس	ت : أحمد عتمان
٢٨٥ – رحلة الخواجة حسن نظامى	حسن نظامى	ت : سمير عبد الحميد
٢٨٦ – سياحت نامه إبراهيم بك ج٣	زين العابدين المراغى	ت : محمود سلامة علاوى
٢٨٧ – الثقافة والعولمة والنظام العالمى	أنتونى كينج	ت : محمد يحيى وآخرون
٢٨٨ – الفن الروائى	ديفيد لودج	ت : ماهر البطوطى
٢٨٩ – ديوان منجوهرى الدامغانى	أبو نجم أحمد بن قوص	ت : محمد نور الدين
٢٩٠ – علم اللغة والترجمة	جورج مونان	ت : أحمد زكريا إبراهيم
٢٩١ – المسرح الإسبانى فى القرن العشرين ج١	فرانشسكو رويس رامون	ت : السيد عبد الظاهر
٢٩٢ – المسرح الإسبانى فى القرن العشرين ج٢	فرانشسكو رويس رامون	ت : السيد عبد الظاهر

٢٩٣ – مقدمة للأدب العربى	روجر آلان	ت : نخبة من المترجمين
٢٩٤ – فن الشعر	بوالو	ت : رجاء ياقوت صالح
٢٩٥ – سلطان الأسطورة	جوزيف كامبل	ت : بدر الدين حب الله الديب
٢٩٦ – مكبث	وليم شكسبير	ت : محمد مصطفى بدوى
٢٩٧ – فن النحو بين اليونانية والسريانية	ديونيسيوس ثراكس – يوسف الأهوانى	ت : ماجدة محمد أنور
٢٩٨ – مأساة العبيد	أبو بكر تفاوابليوه	ت : مصطفى حجازى السيد
٢٩٩ – ثورة التكنولوچيا الحيوية	جين ل. ماركس	ت : هاشم أحمد فؤاد
٣٠٠ – أسطورة بروميثيوس مج١	لويس عوض	ت : جمال الجزيرى وبهاء چاهين
٣٠١ – أسطورة بروميثيوس مج٢	لويس عوض	ت : جمال الجزيرى ومحمد الجندى
٣٠٢ – فنجنشتين	جون هيتون وجودى جروفز	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٣٠٣ – بـوذا	جين هوب وبورن فان لون	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٣٠٤ – ماركس	ريـوس	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٣٠٥ – الجلد	كروزيو مالابارته	ت : صلاح عبد الصبور
٣٠٦ – الحماسة – النقد الكانطى للتاريخ	چان – فرانسوا ليوتار	ت : نبيل سعد
٣٠٧ – الشعور	ديفيد بابينو	ت : محمود محمد أحمد
٣٠٨ – علم الوراثة	ستيف جونز	ت : ممدوح عبد المنعم أحمد
٣٠٩ – الذهن والمخ	انجوس جيلاتى	ت : جمال الجزيرى
٣١٠ – يونج	ناجى هيد	ت : محيى الدين محمد حسن
٣١١ – مقال فى المنهج الفلسفى	كولنجوود	ت : فاطمة إسماعيل
٣١٢ – روح الشعب الأسود	وليم دى بويز	ت : أسعد حليم
٣١٣ – أمثال فلسطينية	خايير بيان	ت : عبد الله الجعيدى
٣١٤ – الفن كعدم	جينس مينيك	ت : هويدا السباعى
٣١٥ – جرامشى فى العالم العربى	ميشيل بروندينو	ت :كاميليا صبحى
٣١٦ – محاكمة سقراط	أ. ف. ستون	ت : نسيم مجلى
٣١٧ – بلا غد	شير لايموفا – زنيكين	ت : أشرف الصباغ
٣١٨ – الأدب الروسى فى السنوات العشر الأخيرة	نخبة	ت : أشرف الصباغ
٣١٩ – صور دريدا	جايتر ياسبيفاك وكرستوفر نوريس	ت : حسام نايل
٣٢٠ – لمعة السراج لحضرة التاج	مؤلف مجهول	ت : محمد علاء الدين منصور
٣٢١ – تاريخ إسبانيا الإسلامية (مج ٢، ج١)	ليفى برو فنسال	ت : نخبة من المترجمين
٣٢٢ – وجهات نظر حديثة فى تاريخ الفن الغربى	دبليو. إيوجين كلينباور	ت : خالد مفلح حمزة
٣٢٣ – فن الساتورا	تراث يونانى قديم	ت : هانم سليمان
٣٢٤ – اللعب بالنار	أشرف أسدى	ت : محمود سلامة علاوى
٣٢٥ – عالم الآثار	فيليب بوسان	ت : كرستين يوسف
٣٢٦ – المعرفة والمصلحة	جورجين هابرماس	ت : حسن صقر
٣٢٧ – مختارات شعرية مترجمة	نخبة	ت : توفيق على منصور
٣٢٨ – يوسف وزليخة	نور الدين عبد الرحمن بن أحمد	ت : عبد العزيز بقوش
٣٢٩ – رسائل عيد الميلاد	تد هيوز	ت : محمد عيد إبراهيم

٣٣٠ – كل شيء عن التمثيل الصامت	مارفن شبرد	ت : سامى صلاح
٣٣١ – عندما جاء السردين	ستيفن جراى	ت : سامية دياب
٣٣٢ – رحلة شهر العسل وقصص أخرى	نخبة	ت : على إبراهيم على منوفى
٣٣٣ – الإسلام فى بريطانيا	نبيل مطر	ت : بكر عباس
٣٣٤ – لقطات من المستقبل	آرثر س. كلارك	ت : مصطفى فهمى
٣٣٥ – عصر الشك	ناتالى ساروت	ت : فتحى العشرى
٣٣٦ – متون الأهرام	نصوص قديمة	ت : حسن صابر
٣٣٧ – فلسفة الولاء	جوزايا رويس	ت : أحمد الأنصارى
٣٣٨ – نظرات حائرة وقصص أخرى من الهند	نخبة	ت : جلال السعيد الحفناوى
٣٣٩ – تاريخ الأدب فى إيران جـ٣	على أصغر حكمت	ت : محمد علاء الدين منصور
٣٤٠ – اضطراب فى الشرق الأوسط	بيرش بيربيروجلو	ت : فخرى لبيب
٣٤١ – قصائد من رلكه	راينر ماريا رلكه	ت : حسن حلمى
٣٤٢ – سلامان وأبسال	نور الدين عبد الرحمن بن أحمد	ت : عبد العزيز بقوش
٣٤٣ – العالم البرجوازى الزائل	نادين جورديمر	ت : سمير عبد ربه
٣٤٤ – الموت فى الشمس	بيتر بلانجوه	ت : سمير عبد ربه
٣٤٥ – الركض خلف الزمن	بونه ندائى	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٣٤٦ – سحر مصر	رشاد رشدى	ت : جمال الجزيرى
٣٤٧ – الصبية الطائشون	جان كوكتو	ت : بكر الحلو
٣٤٨ – المتصوفة الأولون فى الأدب التركى جـ١	محمد فؤاد كوبريلى	ت : عبد الله أحمد إبراهيم
٣٤٩ – دليل القارئ إلى الثقافة الجادة	أرثر والدرون وآخرين	ت : أحمد عمر شاهين
٣٥٠ – بانوراما الحياة السياحية	أقلام مختلفة	ت : عطية شحاتة
٣٥١ – مبادئ المنطق	جوزايا رويس	ت : أحمد الأنصارى
٣٥٢ – قصائد من كفافيس	قسطنطين كفافيس	ت : نعيم عطية
٣٥٣ – الفن الإسلامى فى الأندلس (هندسية)	باسيليو بابون مالدونالد	ت : على إبراهيم على منوفى
٣٥٤ – الفن الإسلامى فى الأندلس (نباتية)	باسيليو بابون مالدونالد	ت : على إبراهيم على منوفى
٣٥٥ – التيارات السياسية فى إيران	حجت مرتضى	ت : محمود سلامة علاوى
٣٥٦ – الميراث المر	بول سالم	ت : بدر الرفاعى
٣٥٧ – متون هيرميس	نصوص قديمة	ت : عمر الفاروق عمر
٣٥٨ – أمثال الهوسا العامية	نخبة	ت : مصطفى حجازى السيد
٣٥٩ – محاورات بارمنيدس	أفلاطون	ت : حبيب الشارونى
٣٦٠ – أنثروبولوجيا اللغة	أندريه جاكوب ونويلا باركان	ت : ليلى الشربينى
٣٦١ – التصحر : التهديد والمجابهة	آلان جرينجر	ت : عاطف معتمد وآمال شاور
٣٦٢ – تلميذ باينبرج	هاينرش شبورال	ت : سيد أحمد فتح الله
٣٦٣ – حركات التحرر الأفريقى	ريتشارد جيبسون	ت : صبرى محمد حسن
٣٦٤ – حداثة شكسبير	إسماعيل سراج الدين	ت : نجلاء أبو عجاج
٣٦٥ – سأم باريس	شارل بودلير	ت : محمد أحمد حمد
٣٦٦ – نساء يركضن مع الذئاب	كلاريسا بنكولا	ت : مصطفى محمود محمد

٣٦٧ – القلم الجرىء	نخبة	ت : البرّاق عبد الهادى رضا
٣٦٨ – المصطلح السردى	جيرالد برنس	ت : عابد خزندار
٣٦٩ – المرأة فى أدب نجيب محفوظ	فوزية العشماوى	ت : فوزية العشماوى
٣٧٠ – الفن والحياة فى مصر الفرعونية	كليرلا لويت	ت : فاطمة عبد الله محمود
٣٧١ – المتصوفة الأولون فى الأدب التركى جـ٢	محمد فؤاد كوبريلى	ت : عبد الله أحمد إبراهيم
٣٧٢ – عاش الشباب	وانغ مينغ	ت : وحيد السعيد عبد الحميد
٣٧٣ – كيف تعد رسالة دكتوراه	أمبرتو إيكو	ت : على إبراهيم على منوفى
٣٧٤ – اليوم السادس	أندريه شديد	ت : حمادة إبراهيم
٣٧٥ – الخلود	ميلان كونديرا	ت : خالد أبو اليزيد
٣٧٦ – الغضب وأحلام السنين	نخبة	ت : إدوار الخراط
٣٧٧ – تاريخ الأدب فى إيران جـ٤	على أصغر حكمت	ت : محمد علاء الدين منصور
٣٧٨ – المسافر	محمد إقبال	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٣٧٩ – ملك فى الحديقة	سنيل باث	ت : جمال عبد الرحمن
٣٨٠ – حديث عن الخسارة	جونتر جراس	ت : شيرين عبد السلام
٣٨١ – أساسيات اللغة	ر. ل. تراسك	ت : رانيا إبراهيم يوسف
٣٨٢ – تاريخ طبرستان	بهاء الدين محمد إسفنديار	ت : أحمد محمد نادى
٣٨٣ – هدية الحجاز	محمد إقبال	ت : سمير عبد الحميد إبراهيم
٣٨٤ – القصص التى يحكيها الأطفال	سوزان إنجيل	ت : إيزابيل كمال
٣٨٥ – مشترى العشق	محمد على بهزادراد	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٣٨٦ – دفاعًا عن التاريخ الأدبى النسوى	جانيت تود	ت : ريهام حسين إبراهيم
٣٨٧ – أغنيات وسوناتات	جون دن	ت : بهاء چاهين
٣٨٨ – مواعظ سعدى الشيرازى	سعدى الشيرازى	ت : محمد علاء الدين منصور
٣٨٩ – من الأدب الباكستانى المعاصر	نخبة	ت : سمير عبد الحميد إبراهيم
٣٩٠ – الأرشيفات والمدن الكبرى	نخبة	ت : عثمان مصطفى عثمان
٣٩١ – الحافلة الليلكية	مايف بينشى	ت : منى الدروبى
٣٩٢ – مقامات ورسائل أندلسية	فرناندو دى لاجرانخا	ت : عبد اللطيف عبد الحليم
٣٩٣ – فى قلب الشرق	ندوة لويس ماسينيون	ت : زينب محمود الخضيرى
٣٩٤ – القوى الأربع الأساسية فى الكون	بول ديفيز	ت : هاشم أحمد محمد
٣٩٥ – آلام سياوش	إسماعيل فصيح	ت : سليم حمدان
٣٩٦ – السافاك	تقى نجارى راد	ت :محمود سلامة علاوى
٣٩٧ – نيتشه	لورانس جين	ت :إمام عبد الفتاح إمام
٣٩٨ – سارتر	فيليب تودى	ت :إمام عبد الفتاح إمام
٣٩٩ – كامى	ديفيد ميروفتس	ت :إمام عبد الفتاح إمام
٤٠٠ – مومو	مشيائيل إنده	ت : باهر الجوهرى
٤٠١ – الرياضيات	زيادون ساردر	ت : ممدوح عبد المنعم
٤٠٢ – هوكنج	ج . ب . ماك ايفوى	ت : ممدوح عبد المنعم
٤٠٣ – رية المطر والملابس تصنع الناس	تودور شتورم	ت : عماد حسن بكر
٤٠٤ – تعويذة الحسى	ديفيد إبرام	ت : ظبية خميس
٤٠٥ – إيزابيل	أندريه جيد	ت : حمادة إبراهيم
٤٠٦ – المستعربون الإسبان فى القرن ١٩	مانويلا مانتاناريس	ت : جمال أحمد عبد الرحمن
٤٠٧ – الأدب الإسبانى المعاصر بأقلام كتابه	أقلام مختلفة	ت : طلعت شاهين
٤٠٨ – معجم تاريخ مصر	جوان فوتشركنج	ت : عنان الشهاوى

٤٠٩ – انتصار السعادة	برتراند راسل	ت : إلهامي عمارة
٤١٠– خلاصة القرن	كارل بوبر	ت : الزواوي بغورة
٤١١ – همس من الماضي	جينيفر أكرمان	ت : أحمد مستجير
٤١٢ – تاريخ إسبانيا الإسلامية (مج ٢، ج٢)	ليفي بروفنسال	ت : نخبة
٤١٣ – أغنيات المنفى	ناظم حكمت	ت : محمد البخاري
٤١٤ – الجمهورية العالمية للآداب	باسكال كازانوفا	ت : أمل الصبان
٤١٥ – صورة كوكب	فريدريش دورنيمات	ت : أحمد كامل عبد الرحيم
٤١٦ – مبادئ النقد الأدبي والعلم والشعر	أ. أ. رتشاردز	ت : مصطفى بدوي
٤١٧ – تاريخ النقد الأدبي الحديث ج٥	رينيه ويليك	ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد
٤١٨ – سياسات الزمر الحاكمة في مصر العثمانية	جين هاثواي	ت : عبد الرحمن الشيخ
٤١٩ – العصر الذهبي للإسكندرية	جون مارلو	ت : نسيم مجلي
٤٢٠ – مكرو ميجاس	فولتير	ت : الطيب بن رجب
٤٢١ – الولاء والقيادة في المجتمع الإسلامي	روي متحدة	ت : أشرف محمد كيلاني
٤٢٢ – رحلة لاستكشاف أفريقيا جـ١	نخبة	ت : عبد الله عبد الرازق إبراهيم
٤٢٣ – إسراءات الرجل الطيف	نخبة	ت : وحيد النقاش
٤٢٤ – لوائح الحق ولوامع العشق	نور الدين عبد الرحمن الجامي	ت : محمد علاء الدين منصور
٤٢٥ – من طاووس حتى فرح	محمود طلوعي	ت : محمود سلامة علاوي
٤٢٦ – الخفافيش وقصص أخرى من أفغانستان	نخبة	ت : محمد علاء الدين منصور وعبد الحفيظ يعقوب
٤٢٧ – بانديراس الطاغية	باي إنكلان	ت : ثريا شلبي
٤٢٨ – الخزانة الخفية	محمد هوتك	ت : محمد أمان صافي
٤٢٩ – هيجل	ليود سبنسر وأندرزجي كروز	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٤٣٠ – كانط	كرستوفر وانت وأندزجي كليموفسكي	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٤٣١ – فوكو	كريس هيروكس وزوران جفتيك	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٤٣٢ – ماكياڤلي	باتريك كيري وأوسكار زاريت	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٤٣٣ – جويس	ديفيد نوريس وكارل فلنت	ت : حمدي الجابري
٤٣٤ – الرومانسية	دونكان هيث وجودي بورهام	ت : عصام حجازي
٤٣٥ – توجهات ما بعد الحداثة	نيكولاس زربرج	ت : ناجي رشوان
٤٣٦ – تاريخ الفلسفة (مج١)	فردريك كوبلستون	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٤٣٧ – رحالة هندي في بلاد الشرق	شبلي النعماني	ت : جلال السعيد الحفناوي
٤٣٨ – بطلات وضحايا	إيمان ضياء الدين بيبرس	ت : عايدة سيف الدولة
٤٣٩ – موت المرابي	صدر الدين عيني	ت : محمد علاء الدين منصور وعبد الحفيظ يعقوب
٤٤٠ – قواعد اللهجات العربية	كرستن بروستاد	ت : محمد الشرقاوي
٤٤١ – رب الأشياء الصغيرة	أروندهاتي روي	ت : فخري لبيب
٤٤٢ – حتشبسوت (المرأة الفرعونية)	فوزية أسعد	ت : ماهر جويجاتي
٤٤٣ – اللغة العربية	كيس ترستيغ	ت : محمد الشرقاوي
٤٤٤ – أمريكا اللاتينية : الثقافات القديمة	لاوريت سيجورنه	ت : صالح علماني
٤٤٥ – حول وزن الشعر	پرويز ناتل خانلري	ت : محمد محمد يونس

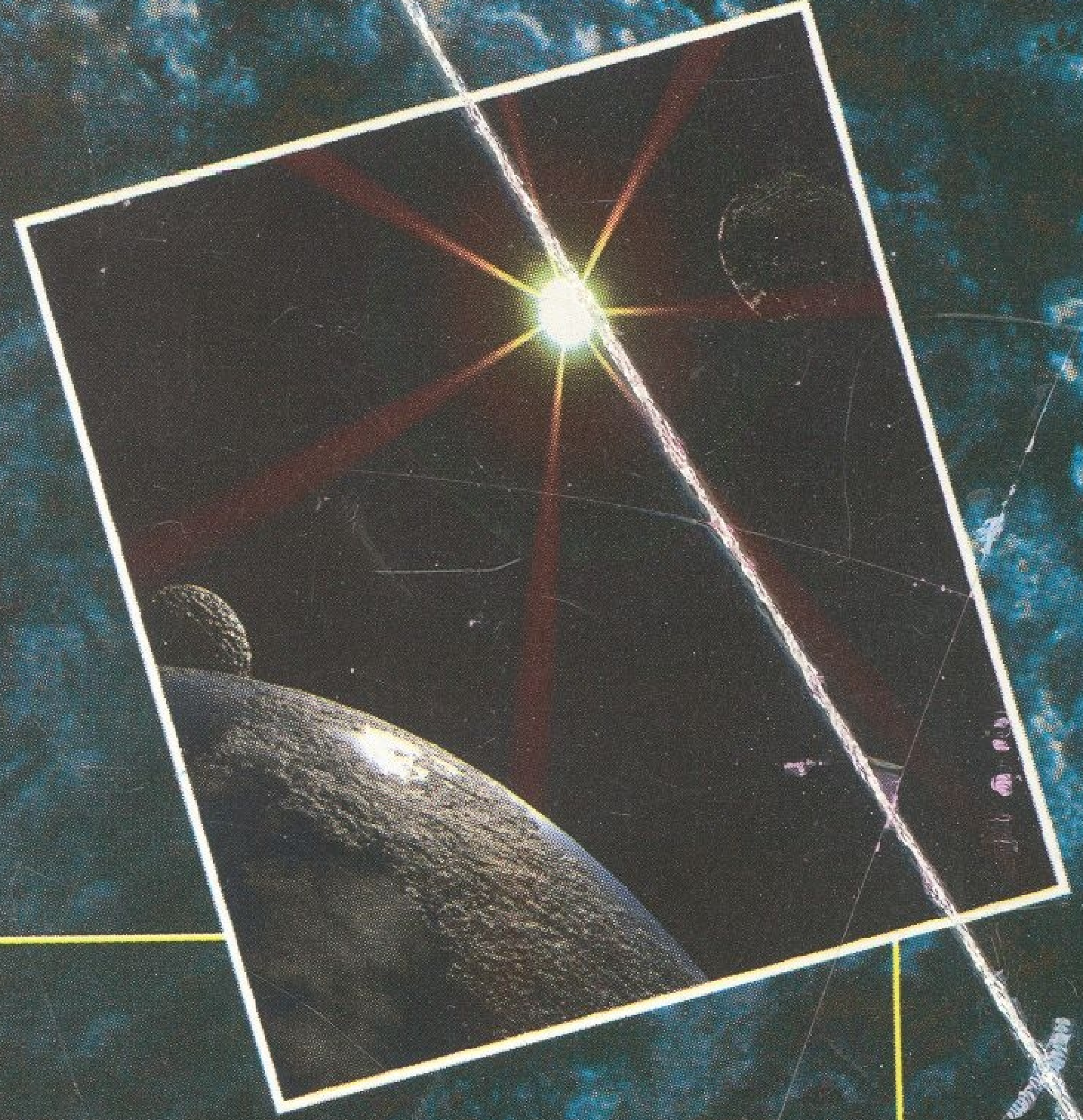
٤٤٦ – التحالف الأسود	ألكسندر كوكبرن وجيفرى سانت كلير	ت : أحمد محمود
٤٤٧ – نظرية الكم	ج. پ. ماك ايفوى	ت : ممدوح عبد المنعم
٤٤٨ – علم نفس التطور	ديلان ايفانز – أوسكار زاريت	ت : ممدوح عبد المنعم
٤٤٩ – الحركة النسائية	مجموعة	ت : جمال الجزيرى
٤٥٠ – ما بعد الحركة النسائية	صوفيا فوكا – ريبيكا رايت	ت : جمال الجزيرى
٤٥١ – الفلسفة الشرقية	ريتشارد أوزبورن / بورن ڤان لون	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٤٥٢ – لينين والثورة الروسية	ريتشارد إبجنانزى / أوسكار زاريت	ت : محى الدين مزيد
٤٥٣ – القاهرة : إقامة مدينة حديثة	جان لوك أرنو	ت : حليوم طوسون وفؤاد الدهان
٤٥٤ – خمسون عاماً من السينما الفرنسية	رينيه بريدال	ت : سوزان خليل
٤٥٥ – تاريخ الفلسفة الحديثة (مج ٥)	فردريك كوبلستون	ت : محمود سيد أحمد
٤٥٦ – لا تنسنى	مريم جعفرى	ت : هويدا عزت محمد
٤٥٧ – النساء فى الفكر السياسى الغربى	سوزان موللر اوكين	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٤٥٨ – الموريسكيون الأندلسيون	خوليو كارو باروخا	ت : جمال عبد الرحمن
٤٥٩ – نحو مفهوم لاقتصاديات الموارد الطبيعية	توم تيتنبرج	ت : جلال البنا
٤٦٠ – الفاشية والنازية	ستوارت هود – ليتزا جانستز	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٤٦١ – لكان	داريان ليدر – جودى جروفز	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٤٦٢ – طه حسين من الأزهر إلى السوربون	عبد الرشيد الصادق محمودى	ت : عبد الرشيد الصادق محمودى
٤٦٣ – الدولة المارقة	ويليام بلوم	ت : كمال السيد
٤٦٤ – ديمقراطية القلة	ميكائيل بارنتى	ت : حصة منيف
٤٦٥ – قصص اليهود	لويس جنزبرج	ت : جمال الرفاعى
٤٦٦ – حكايات حب وبطولات فرعونية	فيولين فانويك	ت : فاطمة محمود
٤٦٧ – التفكير السياسى	ستيفين ديلو	ت : ربيع وهبة
٤٦٨ – روح الفلسفة الحديثة	جوزايا رويس	ت : أحمد الأنصارى
٤٦٩ – جلال الملوك	نصوص حبشية قديمة	ت : مجدى عبد الرازق
٤٧٠ – الأراضى والجودة البيئية	نخبة	ت : محمد السيد النتة
٤٧١ – رحلة لاستكشاف أفريقيا ج٢	نخبة	ت : عبد الله الرازق إبراهيم
٤٧٢ – دون كيخوتى (القسم الأول)	ميجيل دى ثربانتس سابيدرا	ت : سليمان العطار
٤٧٣ – دون كيخوتى (القسم الثانى)	ميجيل دى ثربانتس سابيدرا	ت : سليمان العطار
٤٧٤ – الأدب والنسوية	بام موريس	ت : سهام عبد السلام
٤٧٥ – صوت مصر : أم كلثوم	فرجينيا دانيلسون	ت : عادل هلال عنانى
٤٧٦ – أرض الحبايب بعيدة : بيرم التونسى	ماريلين بوث	ت : سحر توفيق
٤٧٧ – تاريخ الصين	هيلدا هوخام	ت : أشرف كيلانى
٤٧٨ – الصين والولايات المتحدة	ليوشيه شنج ولى شى دونج	ت : عبد العزيز حمدى
٤٧٩ – المقهى (مسرحية صينية)	لاوشه	ت : عبد العزيز حمدى
٤٨٠ – تساى ون جى (مسرحية صينية)	كو مو روا	ت : عبد العزيز حمدى
٤٨١ – عباءة النبى	روى متحدة	ت : رضوان السيد
٤٨٢ – موسوعة الأساطير والرموز الفرعونية	روبير جاك تيبو	ت : فاطمة محمود
٤٨٣ – النسوية وما بعد النسوية	سارة جامبل	ت : أحمد الشامى

٤٨٤ – جمالية التلقى	هانسن روبيرت ياوس	ت : رشيد بنحدو
٤٨٥ – التوبة (رواية)	نذير أحمد الدهلوى	ت : سمير عبد الحميد إبراهيم
٤٨٦ – الذاكرة الحضارية	يان أسمن	ت : عبد الحليم عبد الغنى رجب
٤٨٧ – الرحلة الهندية إلى الجزيرة العربية	رفيع الدين المراد آبادى	ت : سمير عبد الحميد إبراهيم
٤٨٨ – الحب الذى كان وقصائد أخرى	نخبة	ت : سمير عبد الحميد إبراهيم
٤٨٩ – هُسِّرل : الفلسفة علمًا دقيقًا	هُسِّرل	ت : محمود رجب
٤٩٠ – أسمار الببغاء	محمد قدرى	ت : عبد الوهاب علوب
٤٩١ – نصوص قصصية من روائع الأدب الأفريقى	نخبة	ت : سمير عبد ربه
٤٩٢ – محمد على مؤسس مصر الحديثة	جى فارجيت	ت : محمد رفعت عواد
٤٩٣ – خطابات إلى طالب الصوتيات	هارولد بالمر	ت : محمد صالح الضالع
٤٩٤ – كتاب الموتى (الخروج فى النهار)	نصوص مصرية قديمة	ت : شريف الصيفى
٤٩٥ – اللوبى	إدوارد تيفان	ت : حسن عبد ربه المصرى
٤٩٦ – الحكم والسياسة فى أفريقيا	إكوانو بانولى	ت : مجموعة من المترجمين
٤٩٧ – العلمانية والنوع والدولة فى الشرق الأوسط	نادية العلىّ	ت : مصطفى رياض
٤٩٨ – النساء والنوع فى الشرق الأوسط الحديث	جوديث تاكر ومارجريت مريودز	ت : أحمد على بدوى
٤٩٩ – تقاطعات : والأمة والمجتمع والجنس	نخبة	ت : فيصل بن خضراء
٥٠٠ – فى طفولتى (دراسة فى السيرة الذاتية العربية)	تيتز رووكى	ت : طلعت الشايب
٥٠١ – تاريخ النساء فى الغرب	أرثر جولد هامر	ت : سحر فراج
٥٠٢ – أصوات بديلة	هدى الصدّة	ت : هالة كمال
٥٠٣ – مختارات من الشعر الفارسى الحديث	نخبة	ت : محمد نور الدين عبد المنعم
٥٠٤ – كتابات أساسية ج١	مارتن هايدجر	ت : إسماعيل المصدق
٥٠٥ – كتابات أساسية ج٢	مارتن هايدجر	ت : إسماعيل المصدق
٥٠٦ – ربما كان قديسًا	آن تيلر	ت : عبد الحميد فهمى الجمال
٥٠٧ – سيدة الماضى الجميل	بيتر شيفر	ت : شوقى فهيم
٥٠٨ – المولوية بعد جلال الدين الرومى	عبد الباقى جلبنارلى	ت : عبد الله أحمد إبراهيم
٥٠٩ – الفقر والإحسان فى عهد سلاطين المماليك	آدم صبرة	ت : قاسم عبده قاسم
٥١٠ – الأرملة الماكرة	كارلو جولدونى	ت : عبد الرازق عيد
٥١١ – كوكب مرقّع	آن تيلر	ت : عبد الحميد فهمى الجمال
٥١٢ – كتابة النقد السينمائى	تيموثى كوريجان	ت جمال عبد الناصر
٥١٣ – العلم الجسور	تيد أنتون	ت : مصطفى إبراهيم فهمى
٥١٤ – مدخل إلى النظرية الأدبية	جونثان كولر	ت : مصطفى بيومى عبد السلام
٥١٥ – من التقليد إلى ما بعد الحداثة	فدوى مالطى دوجلاس	ت : فدوى مالطى دوجلاس
٥١٦ – إرادة الإنسان فى شفاء الإدمان	أرنولد واشنطون – ودونا باوندى	ت : صبرى محمد حسن
[illegible] قصص أخرى	نخبة	ت : سمير عبد الحميد إبراهيم
٥١٨ – [illegible] الكون	إسحق عظيموف	ت : هاشم أحمد محمد

طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

رقم الإيداع ٧٣٥٩ / ٢٠٠٣

المجلس الأعلى للثقافة



فى هذا الكتاب استعرض الكاتب إسحاق عظيموف بعضًا مما استطاعت البشرية أن تحققه طوال مشوارها الطويل عبر الزمن؛ فقد تناول فى هذا الكتاب أربعة آفاق استطاعت البشرية الكشف عن كنهها من بين آفاق عديدة لاتزال البشرية تسعى فى الكشف عنها، وهى إن دلت على شىء فإنما تدل على إظهار الطبيعة البشرية فى أروع صورها فى سعيها الدءوب نحو اكتشاف المجهول. فقد انتشر الجنس البشرى فى كل رقعة من المعمورة تقريبًا، واستطاع أن يطوِّر لغة يتفاهم بها مع أقرانه، وأن يخترع الكتابة والطباعة اللتين مكَّنتاه من نقل فكره وخبراته إلى بنى جنسه سواء أكانوا من جيله أم جاءوا بعده.

كما استطاع أن يتفوق على جميع المخلوقات: فروَّض الحيوانات وشق الترع وصنع الفلك يجوب بها المحيطات وصنع السفن الفضائية لاستكشاف الفضاء، وحاول إخبار المخلوقات الأخرى فى أركان الكون عن وجوده.

ومن خلال هذه الآفاق نرى مدى التقدم الذى أنجزه الإنسان بحق خليفة الله فى أرضه.